

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Boštjan HRIBERNIK

**MODEL ZGOŠČEVANJA OMREŽJA GOZDNIH
CEST V VEČNAMENSKEM GOZDU**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Boštjan HRIBERNIK

**MODEL ZGOŠČEVANJA OMREŽJA GOZDNIH CEST V
VEČNAMENSKEM GOZDU**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**THE MODEL OF FOREST ROAD NETWORK ENLARGEMENT
IN MULTIPURPOSE FOREST**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2013

Doktorska disertacija je zaključek doktorskega študija bioloških in biotehniških znanosti s področja gozdarstva na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Raziskave so bile opravljene na Katedri za gozdno tehniko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Terenski del naloge je bil narejen v gozdovih na območju občine Črna na Koroškem.

Po sklepu komisije za doktorski študij Univerze v Ljubljani je bila tema disertacije sprejeta 12. 2. 2009.

Za mentorja disertacije je bil imenovan prof. dr. Igor POTOČNIK z Biotehniške fakultete, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Andrej BONČINA, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Igor POTOČNIK, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Član: prof. dr. Tibor PENTEK, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Datum zagovora: 11. oktober 2013

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje disertacije v polnem besedilu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je disertacija, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Boštjan HRIBERNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dd
DK GDK 383.1/6+916(043.3)=163.6
KG gozdne ceste/zgoščevanje omrežja /večnamenska vloga gozdov
AV mag. HRIBERNIK, Boštjan, univ. dipl. inž. gozd.
SA POTOČNIK, Igor (mentor)
KZ SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje gozdarstvo
LI 2013
IN MODEL ZGOŠČEVANJA OMREŽJA GOZDNIH CEST V VEČNAMENSKEM GOZDU
TD Doktorsko delo
OP XII, 168 str., 42 pregl., 56 sl., 8 pril., 141 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Odpiranje gozdov z gozdnimi cestami je bilo v preteklosti načrtovano samo na podlagi lesnoproizvodne vloge gozda. S spoznavanjem pomena ostalih vlog gozda je prihajalo do njihovega postopnega vključevanja v postopke načrtovanja odpiranja gozdov. Sodoben pristop k načrtovanju odpiranja gozdov zahteva hkratno obravnavanje vseh vlog gozda. Zgoščevanje omrežja gozdnih cest je ekonomsko utemeljeno z gostoto gozdnih cest, kjer nastopajo najmanjši skupni stroški spravila in prevoza. V območju raziskovanja, ki ga kot geografsko zaokrožena celota predstavlja občina Črna na Koroškem, znaša pri danih pogojih ekonomsko utemeljena gostota gozdnih cest 17.42 m/ha. Na tej osnovi so določena nezadostno odprta območja izven širine pasu 574 m, ki ga posamezna cesta odpira. Pri načrtovanju odpiranja nezadostno odprtih območij se upoštevajo terenske značilnosti in zahtevane tehnične karakteristike načrtovanih gozdnih cest. Ekonomska utemeljitev gradnje posamezne načrtovane gozdne ceste temelji na večjem zmanjšanju stroškov spravila lesa kot je povečanje letnih stroškov vzdrževanja gozdnih cest in stroškov zaradi trajne izgube rastne površine. Hkratno vrednotenje vseh vlog gozda je v raziskavi narejeno z določanjem relativnega pomena posamezne vloge gozda na podlagi večkriterijskega odločanja, ki določa težo posameznega dejavnika po metodi parov. Na osnovi standardiziranih vrednosti vlog gozda in njihovih izračunanih uteži je izdelana karta primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest. Primernost posameznih ekonomsko utemeljenih načrtovanih tras gozdnih cest je z vidika posameznih vlog gozda različna. To je prikazano s študijem primera in predstavlja kakovost novega pristopa pri načrtovanju odpiranja gozdov.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd
DC FDC 383.1/6+916(043.3)=163.6
CX forest roads/increasing of forest roads density/multiple forest use
AU HRIBERNIK, Boštjan
AA POTOČNIK, Igor (supervisor)
PP SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field Forestry
PY 2013
TI THE MODEL OF FOREST ROAD NETWORK ENLARGEMENT IN
MULTIPURPOSE FOREST
DT Doctoral dissertation
NO XII, 168 p., 42 tab., 56 fig., 8 ann., 141 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In the past forest opening with forest roads was planned only on the basis of forest wood production role. Discovering the importance of other forest roles led to their gradual integration when planning procedures for opening forests. A modern approach to planning the opening of forests requires a simultaneous treatment of all forest roles. Expansion of forest road network is economically founded by the density of the forest roads by which the smallest total cost of skidding and transporting occurs. The economically founded density of forest roads in the researched area, which geographically represents the whole municipality of Črna na Koroškem, by the given conditions amounts to 17.42 m/ha. On this basis there are defined insufficiently opened areas outside the bandwidth of the 574 m, opened by each road. When planning the opening of insufficiently opened areas the terrain features and the technical characteristics of the planned forest roads are taken into account. The economical argumentation of the planned forest road construction is based on a bigger reduction of wood skidding costs as is the increase of annual maintenance cost of the forest roads and costs of the permanent loss of the growing area. In the survey simultaneous evaluation of all forest roles is done by the determination of the relative importance of individual forest role. It is based on the multi criterion decision making, which determines the weight of each factor by the method of couples. On the basis of standardized values of forest roles and their calculated weights a suitability map of adequacy of regulatory units for the forest roads construction was designed. The suitability of individual economically founded planned routes of forest roads is different from the aspect of individual forest roles. This is shown in the case study and represents a new quality approach in planning the opening of forests.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VIII
Kazalo slik.....	X
Kazalo prilog.....	XII
1 UVOD	1
2 OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA.....	5
3 DOSEDANJE RAZISKAVE.....	7
3.1 EKONOMSKI KRITERIJI.....	7
3.2 EKOLOŠKI KRITERIJI.....	9
3.3 TEHNOLOŠKI KRITERIJI.....	11
3.4 VEČKRITERIJSKI PRISTOP	13
4 CILJI RAZISKOVANJA	16
5 DELOVNE HIPOTEZE	17
6 PROGRAM IN METODE RAZISKOVANJA	18
6.1 ANALIZA STANJA GOZDNIH CEST.....	20
6.2 EKONOMSKA UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST.....	25
6.2.1 Stroški spravila	28
6.2.1.1 Stroški spravila lesa	28
6.2.1.1.1 Načrtovani posek	29
6.2.1.1.2 Neposredni stroški spravila lesa.....	29
6.2.1.1.2.1 Spravilo lesa s traktorji	35
6.2.1.1.2.2 Spravilo lesa z žičnicami.....	39
6.2.1.1.2.3 Ročno spravilo lesa	42
6.2.2 Stroški prevoza.....	43
6.2.2.1 Stroški gradnje gozdnih cest	43
6.2.2.1.1 Neposredni stroški gradnje gozdnih cest.....	44
6.2.2.1.2 Stroški zaradi trajne izgube rastne površine.....	45
6.2.2.2 Stroški vzdrževanja gozdnih cest	46
6.3 OBLIKOVANJE MODELA RELIEFA.....	47
6.4 PRIMERJALNO ODPIRANJE Z GOZDNI MI CESTAMI.....	48
6.5 UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA	50
6.6 UTEMELJITEV RABE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA	57
6.7 ŠTUDI J PRIMERA	57

7 OBJEKT RAZISKOVANJA	59
8 REZULTATI RAZISKOVANJA	70
8.1 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA	70
8.1.1 Gozdnogospodarske značilnosti objekta raziskovanja	70
8.1.1.1 Stroški spravila lesa	70
8.1.1.2 Stroški vzdrževanja gozdnih cest	71
8.1.1.3 Stroški trajne izgube rastne površine	72
8.1.2 Analiza obstoječega omrežja gozdnih cest	73
8.2 EKONOMSKA UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST	76
8.3 OBLIKOVANJE MODELA RELIEFA	85
8.4 PRIMERJALNO ODPIRANJE Z GOZDNIMI CESTAMI	89
8.5 UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA	95
8.6 UTEMELJITEV RABE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA	112
8.7 ŠTUDIJ PRIMERA HADERLAP	119
8.7.1 Značilnosti območja	119
8.7.2 Načrtovane trase gozdne ceste	122
8.7.3 Tehnična presoja načrtovanih tras	127
8.7.4 Ekonomska presoja načrtovanih tras	129
8.7.5 Presoja načrtovanih tras na osnovi večnamenske vloge gozda	130
8.7.6 Skupna presoja načrtovanih tras	131
9 RAZPRAVA IN SKLEPI	132
9.1 RAZPRAVA	132
9.1.1 Analiza obstoječega stanja	132
9.1.2 Ekonomska utemeljitev gradnje gozdnih cest	133
9.1.3 Oblikovanje modela reliefa	136
9.1.4 Primerjalno odpiranje z gozdnimi cestami	136
9.1.5 Utemeljitev gradnje in rabe gozdnih cest na osnovi večnamenske vloge gozda	137
9.1.6 Študij primera	139
9.1.7 Celovita evalvacija rezultatov raziskave	140
9.2 SKLEPI	141
10 POVZETEK	144
11 SUMMARY	150
12 VIRI	157
12.1 CITIRANI VIRI	157

12.2 DRUGI VIRI.....	164
ZAHVALA	169
PRILOGE.....	170

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koeficienti pravih razdalj k_s	33
Preglednica 2: Cene delovnih ur koncesionarja za delo v državnih gozdovih	33
Preglednica 3: Povprečno odkazano drevo v območju raziskovanja	35
Preglednica 4: Faktorji (fg) za preračunavanje prostorninskih enot (m^3) v maso (t) pri zbiranju in rampanju lesa.....	37
Preglednica 5: Normativi zbiranja in rampanja lesa.....	37
Preglednica 6: Normativi vlačanja lesa	39
Preglednica 7: Vrednosti koeficientov in eksponentov za izračunavanje osnovnega normativa (min/t).....	40
Preglednica 8: Enačbe za izračunavanje osnovnega normativa ročnega spravila.....	43
Preglednica 9: Lestvice katastrskega dohodka gozda za leto 2010	46
Preglednica 10: Vloge gozda in njihove stopnje poudarjenosti	51
Preglednica 11: Lestvica za rangiranje parnih primerjav kriterijev	52
Preglednica 12: Random indeks RI	55
Preglednica 13: Standardizirane vrednosti posameznih vlog gozda v odnosu do gradnje gozdnih cest	56
Preglednica 14: Struktura cestnega omrežja območju raziskovanja	61
Preglednica 15: Načrtovan posek po gozdnogospodarskih enotah	61
Preglednica 16: Načrtovani posek po kategorijah gozdov	62
Preglednica 17: Načrtovani posek po vrstah spravila lesa	62
Preglednica 18: Vrste gozdov po transportnogravitacijskih enotah	66
Preglednica 19: Načrtovani posek po transportnogravitacijskih enotah	66
Preglednica 20: Lesne zaloge in načrtovani posek v večnamenskih gozdovih po transportnogravitacijskih enotah	67
Preglednica 21: Terenske značilnosti transportnogravitacijskih enot	69
Preglednica 22: Skupni stroški po vrstah spravila lesa	70
Preglednica 23: Stroški spravila lesa po transportnogravitacijskih enotah	71
Preglednica 24: Vrste in obseg del tekočega letnega vzdrževanja 1 km gozdne ceste ...	72
Preglednica 25: Vrste in obseg del periodičnega vzdrževanja 1 km gozdne ceste.....	72
Preglednica 26: Povprečni katastrski dohodek (KD) gozda v letu 2010.....	73
Preglednica 27: Struktura cestnega omrežja v območju raziskovanja	73
Preglednica 28: Struktura omrežja prometnic po produktivnosti.....	74
Preglednica 29: Struktura omrežja produktivnih cest po kategorijah gozdov.....	74
Preglednica 30: Primerjava gostote omrežja produktivnih cest v odvisnosti od vrste spravila lesa	75
Preglednica 31: Gostota omrežja cest po transportnogravitacijskih enotah.....	75
Preglednica 32: Primerjava teoretičnih pravih razdalj.....	76
Preglednica 33: Površinski deleži posameznih kategorij naklonov terena.....	87

Preglednica 34: Primerjava omrežja produktivnih gozdnih cest	92
Preglednica 35: Primerjava teoretičnih pravilnih razdalj obstoječega in primerjalnega omrežja gozdnih cest	93
Preglednica 36: Vrednosti CR indeksa po posameznih ocenjevalcih.....	96
Preglednica 37: Uteži posameznih vlog gozda.....	96
Preglednica 38: Primernost izbranih nezadostno odprtih območij za gradnjo gozdnih cest	108
Preglednica 39: Ekonomska utemeljitev gradnje načrtovanih gozdnih cest	110
Preglednica 40: Načrtovane povprečne teoretične pravilne razdalje in koeficienti odprtosti načrtovanih gozdnih cest	128
Preglednica 41: Zmanjšanje skupnih stroškov spravila in prevoza	130
Preglednica 42: Primernost načrtovanih gozdnih cest.....	131

KAZALO SLIK

Slika 1: Program raziskovanja.....	19
Slika 2: Vrste cest glede na možnost spravila lesa	20
Slika 3: Povprečna teoretična pravilna razdalja na ravnini.....	22
Slika 4: Povprečna teoretična pravilna razdalja na pobočju	23
Slika 5: Povprečna teoretična pravilna razdalja na jarkastem terenu.....	24
Slika 6: Ekonomsko utemeljena gostota omrežja gozdnih cest.....	26
Slika 7: Primer nezadostno odprtih območij	27
Slika 8: Izračun stroškov spravila.....	28
Slika 9: Razdelitev odseka na pravilna polja	30
Slika 10: Točke za računanje pravih razdalj	31
Slika 11: Računanje pravih razdalj po pravih poljih	32
Slika 12: Matična podlaga v območju raziskovanja.....	38
Slika 13: Primerjava DMV 5 in DMV 25.....	48
Slika 14: Primer uporabe orodja CROSS SECTION pri načrtovanju gozdnih cest.....	49
Slika 15: Geografska lega območja raziskovanja.....	59
Slika 16: Kategorije gozdov v območju raziskovanja	60
Slika 17: Vrste spravila lesa glede na naklon terena	63
Slika 18: Transportnogravitacijske enote v območju raziskovanja	65
Slika 19: Načrtovan posek po vrstah spravila lesa in transportnogravitacijskih enotah ..	68
Slika 20: Skupni stroški spravila in prevoza	77
Slika 21: Podrobna analiza skupnih stroškov spravila in prevoza.....	78
Slika 22: Vpliv višine stroškov prevoza na skupne stroške.....	79
Slika 23: Vpliv višine povečanja načrtovanega poseka na skupne stroške	80
Slika 24: Vpliv povečanja načrtovanega poseka (PP) in stroškov prevoza (SP) na skupne stroške	81
Slika 25: Vpliv višine bonifikacij spravila lesa na skupne stroške	82
Slika 26: Najmanjši skupni stroški spravila in prevoza v odvisnosti od bonifikacij spravila lesa (BS), povečanja načrtovanega poseka (PP), in višine stroškov prevoza (VSP)	83
Slika 27: Reliefne značilnosti objekta raziskovanja.....	86
Slika 28: Karta naklonov terena	88
Slika 29: Obstoječe omrežje gozdnih cest.....	90
Slika 30: Primerjalno omrežje gozdnih cest.....	91
Slika 31: Spremembe gostote omrežja cest (c) in povprečnih teoretičnih pravih razdalj (tsr) po transportnogravitacijskih enotah	94
Slika 32: Sprememba koeficienta odprtosti (K_e) po transportnogravitacijskih enotah ...	95
Slika 33: Karta primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest.....	97
Slika 34: Nezadostno odprta območja	99

Slika 35: Podrobna analiza odprtosti obravnavanega območja	100
Slika 36: Nezaostno odprta območja večnamenskih gozdov	102
Slika 37: Načrtovanje gozdnih cest na podlagi oblike nezaostno odprtega območja..	104
Slika 38: Načrtovanje gozdnih cest na podlagi primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest	105
Slika 39: Načrtovanje gozdnih cest na podlagi ekonomskih in tehnoloških kriterijev ter večnamenske vloge gozda	106
Slika 40: Načrtovane gozdne ceste	107
Slika 41: Ekonomsko sprejemljivo odpiranje nezaostno odprtih območij	111
Slika 42: Obstoječe zapore gozdnih cest	113
Slika 43: Primernost rabe gozdnih cest	114
Slika 44: Primernost rabe gozdnih cest po odsekih cest.....	115
Slika 45: Načrtovane zapore gozdnih cest.....	116
Slika 46: Obstoječe in načrtovane zapore gozdnih cest	118
Slika 47: Širše območje študija primera	119
Slika 48: Območje študija primera	120
Slika 49: Reliefne značilnosti območja študija primera	121
Slika 50: Primernost nezaostno odprtega območja za gradnjo gozdnih cest.....	122
Slika 51: Načrtovane trase gozdne ceste Haderlap.....	123
Slika 52: Načrtovana gozdna cesta A	124
Slika 53: Načrtovana gozdna cesta B	125
Slika 54: Načrtovana gozdna cesta C	126
Slika 55: Načrtovana gozdna cesta D	127
Slika 56: Dolžine odsekov načrtovanih gozdnih cest pri različnih naklonih terena.....	129

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Jazbina
- Priloga B: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Javorje
- Priloga C: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Polovec
- Priloga D: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Ludranski vrh
- Priloga E: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Bistra
- Priloga F: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Koprivna
- Priloga G: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Topla
- Priloga H: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest – TGE Podpeca

1 UVOD

Gozd danes pokriva že več kot polovico celotne površine Slovenije, zato gospodarjenje z gozdom odločilno oblikuje podobo naše krajine. Poseganje v gozd je nujno zaradi zagotavljanja potrebnih količin lesa iz gozda, hkrati pa ni možno brez ustrezno oblikovanega omrežja gozdnih prometnic. Za intenzivno gospodarjenje z gozdom so gozdne prometnice odločilnega pomena, saj omogočajo dostop v gozd in hkrati transport v gozdu pridobljenih proizvodov. V skladu s pravilnikom (Pravilnik o gozdnih ..., 2009) so med gozdne prometnice uvrščene gozdne ceste, gozdne vlake in protipožarne preseke. Gozdna cesta je opredeljena kot grajena gozdna prometnica, ki je namenjena predvsem gospodarjenju z gozdom in ni kategorizirana v skladu s predpisi, ki urejajo javne ceste. Vodena je v evidencah gozdnih cest in omogoča racionalen prevoz gozdnih lesnih sortimentov. Za razliko od gozdnih cest je gozdna vlaka opredeljena kot gozdna prometnica, namenjena spravilu lesa s pravilnimi sredstvi, med katerimi v današnjem času v večini primerov prevladuje traktor. Protipožarne preseke kot tretja vrsta gozdnih prometnic so opredeljene kot protipožarne gozdne ceste in protipožarne poti. Tehnični elementi in projektna dokumentacija protipožarne gozdne ceste ustrezajo gozdni cesti, tehnični elementi protipožarne poti pa gozdni vlaki. Transport lesa se večinoma ne zaključi na gozdni cesti, ampak se nadaljuje po javnih cestah. V splošnem lahko vse ceste, ki omogočajo transport lesa s kamioni ne glede na njihov značaj, opredelimo kot kamionske ceste.

Pomena odprtosti gozda so se zavedali že v preteklosti, ko so zaradi naraščanja porabe lesa bili prisiljeni posegati tudi vse globlje v gozd. Sprva so za transport lesa zadoščale zemeljske in lesene drče (Zgodovina cest na ..., 1972), ob rekah pa se je uporabljal tudi vodni transport. Za plavljenje lesa so se na Idrijci uporabljale klavže, pri transportu lesa na dolgih razdaljah pa je poznano splavarjenje lesa po večjih rekah. Z nadaljnjim prodiranjem v gozd, predvsem pa v področja, ki so bila spravično bolj zahtevna, se je pokazala potreba po gradnji prvih gozdnih prometnic. Sprva so bile to ozke poti, ki so omogočale lažji dostop v gozd in animalno spravilo lesa iz gozda. Z nadaljnjim naraščanjem potreb po lesu in razvojem tehnologije je prihajalo do sprememb v načinu transporta lesa. Posledično se je temu prilagajal način gradnje in tehnični elementi posameznih kategorij gozdnih prometnic. Poti so se nadomeščale z gozdnimi vlakami, pri spravilu na daljših razdaljah pa z gozdnimi cestami. Transport lesa ni bil več samo spravilo lesa, temveč se je v največji možni meri les iz gozda prevažal. Razvoj prevoznih sredstev je pri tem prešel od vozov s konjsko vprego preko gozdnih železnic in žičnic do sodobnega transporta lesa s kamioni. Današnje omrežje gozdnih prometnic v osnovi tvori omrežje gozdnih cest, ki se glede na tehnologijo spravila lesa in terenske razmere dopolnjuje z omrežjem gozdnih vlak in spravilnih poti. V požarno ogroženih predelih to omrežje dopolnjujejo še protipožarne gozdne ceste in protipožarne poti.

Razvoj omrežja gozdnih in javnih cest na Koroškem ima podobne značilnosti kot drugje po Sloveniji. V šestdesetih letih prejšnjega stoletja je bilo območje Mežiške doline še izredno slabo odprto, saj je bilo v povprečju na površini 100 ha vsega 34 m gozdnih cest (Dretnik, 1956). Ceste so bile praviloma zgrajene v nižjih predelih, zaprti pa so bili praviloma vsi višje ležeči predeli Mežiške doline. V obdobju naslednjih štirideset let je bilo nato zgrajeno sedanje omrežje gozdnih cest, poleg ekonomskih kriterijev pa se je pri gradnji v veliki meri upošteval pomen gozdnih cest za odpiranje kmetij in zaselkov in temu primerno so bile gozdne ceste položene v prostor. Z izgradnjo omrežja gozdnih cest so bili na ta način oblikovani današnji pogoji spravila lesa na tem območju.

Z izgradnjo gozdnih prometnic omogočimo dostop v gozd in na ta način aktiviramo določene vloge gozda. Pri tem je pomembno ločevati pojem vloga gozda od splošno uporabljenega pojma funkcija gozda. Gozd kot ekosistem deluje že od nekdaj, še preden ga je človek začel motiti oziroma vplivati nanj (Anko, 1995). Gozd torej opravlja funkcije neodvisno od volje in potreb ljudi. Funkcije gozda se spreminjajo v daljših časovnih obdobjih zaradi spremembe podnebja in tal ali po akutnih motnjah, ki jih predstavljajo veliki gozdni požari, snegolomi in vetrolomi. V nasprotju s tem gre pri vlogah gozda za zagotavljanje dobrin in storitev, ki zadovoljujejo človekove potrebe. S tega vidika vloge gozda niso nekaj stalnega, ampak se v prostoru in času spreminjajo. Z razvojem družbe se zaradi novih zahtev do gozda pojavljajo nove vloge gozda, stare pa dobivajo drugačne vsebine.

Današnji nabor vlog gozda je odraz trenutnih potreb in zahtev človeka do gozda in se je postopno oblikoval v skladu z razvojem spoznanja o gozdu. Najprej so bile priznane proizvodne vloge gozda, kamor po današnjem imenovanju sodijo druge gozdne dobrine, lovnogospodarska vloga in lesnoproizvodna vloga gozda. Človek je za osnovno preživetje v gozdu najprej nabiral različne gozdne sadeže in rastline, lovil divje živali in nabiral les za kurjavo. Pomen lesnoproizvodne vloge se je začel krepiti po naselitvi in razvoju gradnje stalnih naselbin. Priznavanje okoljskih vlog je v primerjavi s proizvodnimi vlogami gozda nastopilo bistveno kasneje. Povezanost med prisotnostjo gozda in varnostjo pred erozijo je bila poznana že starim Grkom, vendar ni znakov, da bi to povezanost upoštevali tudi v praksi (Funkcije in vloge ..., 1995). Dejansko je bila varovalna vloga priznana v srednjem veku z uveljavitvijo gozdnih redov. V srednjem veku je bila priznana tudi obrambna vloga gozda s spoznanjem pomena gozdov kot vir lesa za izgradnjo obrambnih nasipov okoli naselbin. V obdobju gozdnih redov sta bili priznani zaščitna vloga, ki gozdu priznava varovanje cest pred plazovi in raziskovalna vloga gozda. Priznavanje pomena te vloge nakazujejo določila Terezijanskega gozdnega reda iz l. 1771, ki kažejo na presenetljivo dobro poznavanje gojitvenih oziroma rastnih lastnosti nekaterih drevesnih vrst (Funkcije in vloge ..., 1995).

Človek je v gozdu že od nekdaj nabiral zdravilne zeli, vendar se je pomena gozda za njegovo zdravje zavedel šele po velikih spremembah v življenju in okolju nekoč agrarne dežele in tako je bila higiensko zdravstvena vloga gozda priznana šele v devetnajstem stoletju. V tem obdobju je bila priznana tudi rekreacijska vloga gozda z oblikovanjem poti po gozdu za potrebe rekreacije. Rekreacijska vloga gozda je eden glavnih razlogov za nastanek in obstoj primestnih gozdov. Razvoj in priznanje turistične vloge gozda je sledilo priznanju rekreacijske vloge. Danes samostojni in nedvoumno ločeni vlogi gozda sta bili v preteklosti zaradi slabega zanimanja, proučenosti in poudarjenosti enega in drugega dela obravnavani skupaj kot turistično-rekreativna vloga gozda (Funkcije in vloge ..., 1995). V devetnajstem stoletju je z razvojem gozdarstva na Slovenskem bila priznana tudi dediščinskovarstvena vloga gozda. Z nadaljnjim razvojem te vloge gozda je prišlo do delitve na vlogo varovanja naravne dediščine in vlogo varovanja kulturne dediščine.

S spoznanjem o pomenu izobraževanja ljudi o gozdarstvu je bila v začetku dvajsetega stoletja priznana poučna vloga gozda. Za potrebe izobraževanja so bile že v tistem času izločene posamezne površine gozdov, objekti in naprave. Iz tega obdobja izvira tudi prvo priznanje estetske vloge gozda, ki po vmesnem prevladovanju lesnoproizvodne vloge gozda danes zopet pridobiva na pomenu.

Zadnjo skupino vlog gozda lahko označimo kot novodobne vloge. Priznanje hidrološke vloge gozda je bolj kot s splošnim pomanjkanjem povezano s spoznanjem problema onesnaženja in s tem pomanjkanja čiste pitne vode. Podobno je priznanje biotopske vloge gozda, pomen katere je bil spoznan ob študiju redkih in ogroženih vrst, literatura pa sega kvečjemu v sredo osemdesetih let (Funkcije in vloge ..., 1995). Priznanje klimatske vloge gozda je prav tako bolj novodobno, kljub temu, da se je človek že v antiki in srednjem veku zavedal vplivov velikih krčitev gozda na lokalno in regionalno podnebje.

Lesnoproizvodna vloga gozda je bila prva, ki je bila upoštevana pri načrtovanju odpiranja gozdov. Omrežje gozdnih cest, ki je bilo v preteklosti oblikovano, je bilo v osnovi namenjeno potrebam pridobivanja lesa. Glavni cilj odpiranja gozdov je bilo zmanjševanje stroškov spravila lesa, ki jih predstavljajo stroški zbiranja in vlačanja lesa od panja do rampnih prostorov ob gozdnih cestah. Zaradi povečanja skupne dolžine gozdnih cest prihaja do povečanja stroškov omrežja gozdnih cest. Sem sodijo stroški gradnje in vzdrževanja gozdnih cest in stroški zaradi trajne izgube rastne površine, ki nastanejo zaradi gradnje gozdne ceste. Ekonomska utemeljitev, ki se je pri načrtovanju gradnje gozdnih cest v preteklosti upoštevala, je temeljila na najmanjših skupnih stroških spravila lesa in omrežja gozdnih cest.

S krepitvijo spoznanja, da je za ohranjanje kulturne krajine potrebno ohranjati podeželje živo, se je kasneje pri načrtovanju gradnje gozdnih cest poleg lesnoproizvodne vloge gozda začelo upoštevati pomen povezovanja posameznih kmetij in zaselkov z dolino. Namen gradnje gozdne ceste ni bil več samo dostop do gozda in odvoz lesa iz njega, ampak omogočanje dnevne migracije v službo in šolo od posamezne kmetije v dolino. Načrtovanje gradnje gozdnih cest s tem ni bilo več podrejeno samo lesnoproizvodni vlogi gozda.

Postopno je prihajalo tudi do krepitve spoznanja, da v gozdu ne pridobivamo zgolj lesa, ampak da nas gozd varuje pred plazovi, da nam daje pitno vodo, ugodno vpliva na podnebje in predstavlja življenjski prostor številnim živalskim in rastlinskim vrstam. Pri načrtovanju gradnje gozdnih cest se je začelo upoštevati izvire pitne vode, brloge medvedov, območja rastišč divjega petelina in ostale lokacije s poudarjenimi okoljskimi vlogami gozda. Načrtovanje odpiranja gozdov je s tem postalo bolj kompleksno, saj je bilo potrebno poleg ekonomskih kriterijev in tehničnih zahtev na terenu upoštevati še poudarjene okoljske vloge gozda. Spoznanja o pomembnosti posameznih vlog gozda so se razvijala postopoma, temu primerno je bilo tudi njihovo vključevanje v proces načrtovanja odpiranja gozdov.

V sodobnem času se gozdu poleg socialnih in okoljskih vlog priznavajo še socialne vloge. Pri načrtovanju gradnje gozdnih cest je zato potrebno upoštevati tudi pričakovani vpliv na to skupino vlog gozda, samo načrtovanje odpiranja gozdov pa s tem postaja še kompleksnejše. Pri tem nastopa problem, kako hkrati in enakovredno obravnavati vse vloge, ki so gozdu na obravnavanem območju priznane. Zaradi potrebe po ekonomski utemeljitvi gradnje gozdne ceste ostaja odločanje na podlagi ekonomskega utemeljevanja lesnoproizvodne vloge osnova. Dodatno pa je potrebno poiskati način vrednotenja in hkratnega upoštevanja vseh vlog gozda pri odločanju o gradnji gozdnih cest.

Poleg samega priznanja vseh vlog gozda je za nadaljnje načrtovanje gradnje gozdnih cest pomemben še razvoj vlog gozda. Obstoječi nabor opredeljenih vlog gozda je povezan s spoznanji sodobnega časa, s spremembami v družbi in načinom življenja pa prihaja do specifičnega razvoja posameznih vlog gozda na ožje opredeljenih območjih. Z rešitvijo problema hkratnega vrednotenja obstoječega nabora vlog gozda je zato potrebno predvideti tudi prihodnji razvoj vlog gozda. Zaradi pričakovanih vplivov gradnje gozdnih cest bo pri odločanju o gradnji potrebno upoštevati tudi vplive na prihodnje večnamensko gospodarjenje z gozdovi.

2 OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Obstoječe omrežje gozdnih cest je rezultat gradnje gozdnih cest v preteklosti in vmesne pre Kategorizacije gozdnih cest s prevladujočim deležem javne rabe v lokalne ceste. Gozdne ceste se vodijo v katastru gozdnih cest in glede na njihovo skupno dolžino in površino gozdov, ki jih odpirajo, je določena gostota gozdnih cest. S spremembo dolžine gozdnih cest ali s spremembo površine gozdov, ki jih gozdne ceste odpirajo, se spremeni tudi gostota omrežja gozdnih cest. Spremembe gredo praviloma na račun novogradenj gozdnih cest, možne pa so tudi spremembe površine gozda na račun zaraščanja negozdnih površin ali krčitev gozda. Osnovno vodilo pri zgoščevanju omrežja gozdnih cest v preteklosti so bile ugotovljene potrebe po zgoščevanju omrežja gozdnih cest zaradi pridobivanja lesa. Načrtovana gostota gozdnih cest je bila ekonomsko utemeljena pri najmanjših skupnih stroških pridobivanja lesa in stroških cestnega omrežja. K stroškom cestnega omrežja prištevamo stroške gradnje gozdnih cest, stroške tekočega in periodičnega vzdrževanja in stroške zaradi trajne izgube rastne površine na površini gozdnih cest.

Glede na to, da gre pri vlogah gozda za zagotavljanje dobrin in storitev, ki zadovoljujejo človekove potrebe, lahko za prvotno načrtovanje odpiranja gozdov trdimo, da je bilo podrejeno lesnoproizvodni vlogi gozda. Ostale vloge gozda so bile v manjši meri upoštevane le pri načrtovanju nadaljnjega zgoščevanja omrežja gozdnih cest glede na potrebe odpiranja kmetij in glede na lovsko rabo. O upoštevanju večnamenske vloge gozda lahko posredno govorimo tudi v primeru, ko se v reliefno zahtevnih predelih niso gradile gozdne ceste, vendar pa je bilo to bolj kot s pričakovanimi negativni vplivi na okolje pogojeno z visokimi stroški gradnje.

Izgradnja gozdne ceste različno vpliva na razvoj posameznih vlog gozda, saj nekatere zaživijo šele potem, ko je gozdna cesta zgrajena. V to skupino sodijo predvsem proizvodne in socialne vloge. V nasprotju s temi na okoljske vloge izgradnja gozdne ceste vpliva praviloma zaviralno. Spremembe pomena posameznih vlog gozda povratno vplivajo tudi na spremembo rabe obstoječega omrežja gozdnih cest. Na gozdnih cestah, ki so se v preteklosti gradile zgolj na osnovi ugotovljenih potreb zaradi izkoriščanja lesnoproizvodne vloge gozda, danes sezonsko in trajno omejujemo javno rabo zaradi poudarjenih okoljskih vlog gozda. Prav tako prihaja na gozdnih cestah zaradi spremembe deleža javne rabe gozdnih cest do prilagoditev režima rabe in standarda vzdrževanja, v skrajnem primeru pa tudi do pre Kategorizacije gozdnih cest v lokalne ceste.

Razvoj vlog gozda spreminja tudi pogoje nadaljnjega zgoščevanja omrežja gozdnih cest. V razmerah, ko gozd nima poudarjene zgolj lesnoproizvodne vloge ampak

prevladujejo ostale vloge gozda (npr. biotopska, varovalna, hidrološka itd.), je potrebno spremeniti sistem odločanja in utemeljevanja nadaljnega zgoščevanja omrežja gozdnih cest. To ni več podrejeno zgolj absolutni gostoti gozdnih cest glede na lesnoproizvodno vlogo, temveč je načrtovano v funkciji opravljanja in ohranjanja večnamenske vloge gozda. Pri tem se pojavlja problem vrednotenja ostalih vlog gozda. Denarno vrednotenje posameznih vlog gozda je v določenih primerih izredno težavno, rezultati pa se v odvisnosti od uporabljene metode lahko gibljejo v širokih intervalih (Mavsar, 2005). Alternativa denarnemu vrednotenju je določanje relativnega pomena vlog na podlagi medsebojnih interakcij, kjer se upošteva relativni pomen posamezne vloge v parni primerjavi z vsemi ostalimi. Vrednotenje pri tem sloni na izdelani karti funkcij gozda, katero vodi in vzdržuje Zavod za gozdove Slovenije. Vsebinsko je to karta vlog gozda, ker predstavlja dejansko rabo gozda. Karta pri tem prikazuje stanje vlog gozda v času obnove gozdnogospodarskega načrta, ki pa se v desetletnem obdobju veljavnosti gozdnogospodarskega načrta zaradi razvoja vlog gozda lahko bistveno spremeni. Pri naslednji obnovi gozdnogospodarskega načrta se zato na novo opredelijo vloge gozda v skladu z novim naborom in opredelitvami posameznih vlog gozda.

Financiranje gradnje gozdnih cest je naložba posebne vrste, saj je zaradi dolge dobe vračanja interes za vlaganje v gradnjo omejen. Razpoložljivih sredstev za gradnjo gozdnih cest je praviloma malo, zato je potrebno med vsemi možnimi trasami gozdnih cest, ki so sprejemljive ob upoštevanju relativnega pomena vseh vlog gozda in hkrati ekonomsko utemeljene, oblikovati prioritetni vrstni red gradnje. Kriterij odločanja je pričakovana doba vračanja osnovne naložbe, ki jo predstavlja gradnja gozdne ceste. Glede na obstoječi način financiranja vzdrževanja in rabe gozdnih cest, ki ne določa neposrednega plačila za uporabo gozdnih cest, je to tudi edini možni ekonomsko utemeljeni kriterij.

Sprememba gostote omrežja gozdnih cest vodi k razvoju proizvodnih, okoljskih in socialnih vlog gozda. Z razvojem slednjih prihaja do povečevanja deleža javne rabe gozdnih cest, ki lahko v končni fazi vodi v prekategorizacijo gozdnih cest v lokalne ceste. Izračun optimalne gostote omrežja gozdnih cest zato ne more biti zgolj enkraten in dokončen, temveč je glede na pričakovane spremembe vhodov potrebna revizija izračuna ob izteku ureditvenega obdobja gozdnogospodarskih načrtov oziroma ob vseh tistih bistvenih spremembah v gozdu, ki bi spremenile relativni pomen posameznih vlog gozda.

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

Raziskave na področju optimiranja zgoščevanja omrežja gozdnih prometnic so obsežne. Posamezni avtorji obravnavajo področje gradnje gozdnih cest zgolj z ekonomskega, ekološkega oziroma tehnološkega vidika. Nekatere raziskave pri optimiranju zgoščevanja gozdnih prometnic hkrati zajemajo več kriterijev, vendar pa v nobenem primeru ne zajemajo hkrati vseh vlog gozda.

3.1 EKONOMSKI KRITERIJI

Prva skupina avtorjev obravnava problem optimalne gostote omrežja gozdnih cest zgolj ob upoštevanju ekonomskih kriterijev. Trafela (1986) je proučeval negativni vpliv gradnje gozdnih cest na gozd. Na izbranih sestojih jelke je ugotovil poškodbe v pasu do 30 m, v pasu do 10 m pa trajno izgubo prirastka v višini 30 %. Ugotovil je tudi, da pri gradnji gozdnih vlak ni izgube prirastka, poškodbe gozdnega drevja so manjše, zaradi večje gostote vlak pa je skupna poškodovanost sestoja večja.

Raziskavo o gostoti gozdnih cest v Švici je s poudarkom na proizvodni vlogi gozda na primeru 7.500 ha gozdov na pobočjih izdelal Abegg (1988). Glavni parametri, na osnovi katerih je določil gostoto cest, so: matična podlaga, naklon terena, stroški gradnje in največji možni posek na hektar gozda. Gozdne ceste so pri tem konstruirane za vožnjo s kamioni in spravilo s traktorjem ali žičnico.

Vinogradov in Nikitina (1991) sta optimirala gostoto omrežja gozdnih cest na območju Leningrada zgolj ob upoštevanju lesnoproizvodnih dejavnikov. Optimalno razdaljo med posameznimi cestami sta določila na podlagi koncentracije sečenj in povprečnega posekanega drevesa v sestojih s povprečno lesno zalogo $200 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Kim JongYoon in sodelavci (1996) so proučevali ekonomski učinek zgoščevanja omrežja gozdnih cest glede na naraščanje lesne zaloge sestojev, pravilne stroške in stroške gradnje gozdnih cest. V raziskavi so dokazali, da se z naraščanjem lesne zaloge povečuje tudi optimalna gostota omrežja gozdnih cest.

Pri izračunih optimalne gostote cestnega omrežja je Cigarsky (1996) upošteval zgolj ekonomske kazalce, ki se nanašajo na ceno zemljišča in pričakovani donos lesa. Gozdove je pri tem razdelil v tri kategorije glede na stanje sestojev. Na tej osnovi je izračunal optimalno gostoto cestnega omrežja, ki variira od 15,1 m/ha v najslabših do 25,5 m/ha v najboljših sestojih.

Problem odpiranja gozdov in povečevanja gostote omrežja gozdnih cest v obdobju od leta 1991 do leta 1995 na Hrvaškem sta proučevala Sever in Sunji (1998). Ugotovila sta, da se je gostota cest v tem obdobju povečala v povprečju za 5,7 %, v posameznih predelih pa tudi do 22 %. Povprečna gostota cest je leta 1995 tako znašala 7,0 m/ha. V raziskavi sta podrobneje analizirala tehnologijo in ekonomiko izgradnje.

Odvisnost izkoriščanje proizvodne vloge gozda v odvisnosti od gostote omrežja gozdnih cest v Srbiji za obdobje od leta 1991 do leta 2000 sta proučevala Stefanović in Ranković (2003). V nasprotju s pričakovanji sta ugotovila, da s spremembo gostote omrežja gozdnih cest pada količina skupnega poseka in količina okroglega in prostorninskega lesa.

Metodo za ugotavljanje optimalne gostote pravih poti v tropskih gozdovih z nizko gostoto komercialno zanimivih drevesnih vrst na hektar je razvil Meilby (2004). Pri izračunu optimalne gostote je upošteval samo ekonomske kriterije, ki jih predstavljajo stroški in koristi posamezne gozdne ceste.

Zagonel in sodelavci (2008) optimizirajo gostoto gozdnih cest na podlagi stroškov gozdnih cest, spravila lesa in stroškov zaradi izgube rastne površine. Raziskava je bila narejena na podlagi podrobne časovne študije spravila lesa ter analize proizvodnih stroškov in dohodkov. V raziskavo sta bili zajeti dve območji v zvezni državi Santa Catarina v Braziliji. Optimalna gostota gozdnih cest za območje Ventura Farm znaša 30,48 m/ha in za območje Sumidouro Farm 25,47 m/ha. Pri tem so bili za drugo območje izračunani nižji stroški gradnje in vzdrževanja gozdnih cest, nižji stroški spravila lesa in nižji stroški zaradi trajne izgube prirastka.

Naghdi in Limaei (2009) poudarjata pomen informacij o produktivnosti, stroških ter tehnologiji sečnje in spravila lesa za vrednotenje načrtov gospodarjenja. Zaradi visokih stroškov spravila lesa in gradnje gozdnih cest je določitev optimalne gostote omrežja gozdnih cest ključna za trajnostno gospodarjenje z gozdovi. Pomemben dejavnik pri določevanju optimalne gostote je tudi izbira načina sečnje lesa. V svoji raziskavi sta določila optimalno gostoto omrežja gozdnih cest na osnovi stroškov spravila lesa in stroškov gradnje gozdnih cest. V raziskavi sta proučevala stroške spravila lesa z uporabo strojev Timber Jack in Clark skidder pri različnih pravih razdaljah. Izračunala sta ekonomsko utemeljeno gostoto omrežja gozdnih cest, ki v območju raziskovanja znaša 8 m/ha.

Pomen optimalne gostote omrežja gozdnih cest v procesu gozdarskega načrtovanja poudarjajo tudi Rafiei in sodelavci (2009). V izračunih ekonomsko utemeljene gostote omrežja gozdnih cest v območju gozdov Dalak kheyl (Mazandaran Wood and Paper

Industries) so upoštevali stroške gradnje gozdnih cest in stroške spravila lesa s stroji Timber jack 450C in HSM 904 skidders. Optimalna gostota omrežja gozdnih cest, ki je bila ekonomsko utemeljena pri najmanjših skupnih stroških spravila lesa in gradnje gozdnih cest za oba stroja skupaj, znaša 3 – 5 m/ha in je bistveno nižja od obstoječe gostote, ki znaša 16,1 m/ha. Pri izračunu optimalne gostote omrežja gozdnih cest druge rabe gozdnih cest niso bile upoštevane.

Delež spravila lesa z žičnico v goratih predelih Avstrije je velik, zato je določitev optimalnih razdalj med cestami pomembna za zmanjšanje pravih stroškov (Ghaffariyan in sod., 2010). Na osnovi 591 delovnih ciklov so za izbrano območje ugotovili povprečen učinek $6,70 \text{ m}^3/\text{h}$ in povprečen strošek spravila $27,60 \text{ €/m}^3$. Za določitev optimalne razdalje med cestami so nato pri različnih razdaljah spravila z žičnico izračunali stroške omrežja cest in stroške spravila lesa. Pri spravilu lesa samo v eno smer so izračunali najmanjše skupne stroške $42,88 \text{ €/m}^3$ pri razdalji med cestami 261 m in optimalni gostoti omrežja cest $38,3 \text{ m/ha}$. V primeru možnosti spravila lesa na cesto iz obeh smeri pa so najmanjši skupni stroški $38,48 \text{ €/m}^3$ pri razdalji med cestami 373 m in povprečno gostoto omrežja cest $26,8 \text{ m/ha}$. Na osnovi rezultatov raziskave je bilo ugotovljeno, da se z naraščanjem skupne količine lesa za spravilo optimalna razdalja med cestami zmanjšuje, z naraščanjem stroškov omrežja cest pa povečuje. Dokazana je bila tudi značilna odvisnost velikosti povprečnega kosa v bremenu na izračunano optimalno razdaljo med cestami.

Enache in sodelavci (2011) ugotavljajo, da je za trajnostno gospodarjenje z gozdovi načrtovanje omrežja gozdnih cest ključnega pomena. Cilj njihove raziskave je bilo poleg odpiranja gozda tudi zmanjševanje stroškov sečnje in spravila lesa. Omrežje gozdnih cest so načrtovali s pomočjo programov RoadEngReg., ESRIReg. Arc GIS and MS Office ExcelReg. Načrtovanje je bilo izvedeno ob upoštevanju reliefa, naklonov terena, geomorfoloških in hidroloških razmer obravnavanega območja. Načrtovano je bilo 17,11 km gozdnih cest na pobočju, s skupno gostoto $42,77 \text{ m/ha}$ in medsebojno oddaljenostjo med cestami 234 m. Stroški gradnje so bili ocenjeni na $36,80 \text{ €/m}$, zaradi izboljšanja pravih pogojev pa je predvideno zmanjšanje stroškov sečnje in spravila lesa iz $27,90 \text{ €/m}^3$ na $22,60 \text{ €/m}^3$.

3.2 EKOLOŠKI KRITERIJI

Naslednja skupina avtorjev je pri načrtovanju omrežja gozdnih cest v svojih raziskavah namesto ekonomskim dala prednost ekološkim kriterijem. Yang XueChun in sodelavci (1998) so v raziskavi proučevali optimalno razporeditev gozdnih cest glede na erozijo

tal. Pri tem so upoštevali operativne stroške ozelenjevanja brežin in izgube prirastka zaradi erozije tal. Na tej osnovi so oblikovali matematični model, ki upošteva nagib terena, višino brežine in predviden obseg erozije.

Ortega in Capen (1999) sta proučevala vpliv gozdnih cest na habitate ptic (*Seiurus aurocapillus*) v gozdni regiji Vermont. Ugotovila sta, da je v razdalji do 150 m od gozdnih cest število gnezdišč manjše za 40 %, manjša je velikost teritorija posameznega osebk, slabši uspeh parjenja, statistično neznačilna pa je razlika v uspehu valjenja. Na osnovi svoje raziskave avtorja zaključujeta, da je upoštevanje poseljenosti habitatov in možnosti uspeha reprodukcije kvaliteta habitatov na razdalji do 150 m od gozdne ceste manjša.

McGarigal in sodelavci (2001) so v svojih raziskavah proučevali skupen učinek gozdnih cest in proizvodnje v gozdu na strukturo krajine v Severni Ameriki na južnem delu gorovja Rocky Mountains. Ugotovili so, da je gozdna proizvodnja v povezavi z izgradnjo gozdnih cest od leta 1800 dalje močno spremenila naravno ravnovesje in krajino. Hkrati so ugotovili, da je vpliv gozdnih cest na strukturo krajine večji kot vpliv gozdne proizvodnje.

Pozitivne učinke gradnje gozdnih cest na ohranjanje okolja so proučevali Sakai in sodelavci (2002). Izgradnja gozdne ceste po njihovih raziskavah ne predstavlja zgolj negativnega vpliva na okolje, temveč se vzdolž ceste lahko v večji meri izkoriščajo lesne zaloge, zmanjšajo se proizvodni stroški, ustrezno izgrajen sistem odvodnjavanja pa preprečuje koncentracijo vode in s tem erozijo. Ustrezno izgrajena gozda cesta po njihovem prepričanju s tem izpolnjuje vlogo ohranjanja okolja.

Saunders in sodelavci (2002) so proučevali vpliv širitve cestnega omrežja na fragmentacijo krajine, spremembe vegetacije, oblikovanje robnih habitatov, spreminjanje strukture in rabe tal ter izboljšanje dostopnosti za ljudi. Ugotovili so, da z večanjem gostote cestnega omrežja narašča število koridorjev, ki se oblikujejo z izgradnjo cestnega telesa, hkrati pa se večja tudi fragmentacija okolja.

Na primeru štirih gozdnih cest sta Hawbaker in Radeloff (2004) proučevala vlogo cest pri oblikovanju krajinskih tipov. Ugotovila sta, da so predhodne raziskave podcenjevale ekološke vplive gozdnih cest, saj le te vplivajo na spremembo krajine in fragmentacijo habitatov, omogočajo naselitev pionirskih vrst ter vplivajo na rabo prostora.

3.3 TEHNOLOŠKI KRITERIJI

Naslednja skupina avtorjev je načrtovala optimalno gostoto omrežja gozdnih cest predvsem na podlagi tehnoloških kriterijev. Beneš (1989) je proučeval kriterije vrednotenja transporta lesa na gorskih območjih, pri tem je upošteval vpliv povprečnega naklona terena, razgibanost reliefa in gostoto vodotokov. Kot poseben kazalec vrednotenja dostopnosti je prikazal razmerje med teoretično in geometrično pravilno razdaljo. Na osnovi analize dejanskega stanja je predlagal večjo uporabo žičnih žerjavov na račun traktorskega spravila zaradi zmanjšanja nevarnosti erozije in gospodarjenja z vodotoki.

Yamada (1989) je pri izračunu optimalne gostote omrežja gozdnih cest poleg ostalih stroškov upošteval stroške hoje gozdnih delavcev od gozdne ceste do delovišča. Izračun je naredil za štiri poti z različnimi nakloni, ki so jih prehodili trije delavci pri različnih hitrostih in z različnimi obremenitvami. Avtor je v zaključku poudaril, da je pri izračunu optimalne gostote gozdnih cest glede na pravilne stroške potrebno upoštevati tudi stroške delavcev na terenu.

Metodo določevanja gostote gozdnih cest zgolj na podlagi pravilnih razdalj sta razvila Kobayashi in Nitami (1991).

Obstoječe omrežje gozdnih cest, ki se je razvilo iz prometnic namenjenih animalnemu spravilu, so proučevali Becker in sodelavci (1995). Ugotovili so, da obstoječe omrežje zaradi razvoja tehnologije ne odgovarja več modernim pravilnim sredstvom, zato se kaže potreba po preoblikovanju, ki zajema štiri faze:

- natančen popis in ocena trenutnih razmer,
- oblikovanje teoretične optimalne gostote omrežja gozdnih cest na osnovi minimalnih transportnih stroškov,
- načrtovanje posameznih prometnic s pomočjo GIS in digitalnega modela reliefa,
- oblikovanje okvirnega desetletnega plana izgradnje gozdnih prometnic.

Po preoblikovanju omrežja se je gostota gozdnih cest zmanjšala iz 53 na 39 m/ha. Pri tem se je izvedlo vzdrževanje na 25 % gozdnih cest, temeljito se je obnovilo 15 % gozdnih cest. Na novo je bilo izgrajenih 5 %, opustilo pa se je 38 % gozdnih cest.

Odprtost gozdov v Romuniji sta proučevala Cretu in Rusnac (1998). Zaradi konfiguracije terena, ki v 90 % gozdov pripada hribovju ali gričevju, je bila izračunana odprtost z gozdnimi cestami majhna (6,2 m/ha) in zadovoljiva zgolj na dveh tretjinah gozdnih površin. Načrtovana gostota gozdnih cest, ob upoštevanju ekonomike in vplivov na okolje, je bila 13,3 m/ha, kar bi zagotovilo pravilno razdaljo 700 do 800 m.

Cha DuSong in sodelavci (1996) so oblikovali model načrtovanja izgradnje gozdnih cest ob upoštevanju različnih kriterijev gozdne proizvodnje in gojenja gozdov: starost sestoja, površina sečišča, srednji premer in število vasi, ki jih ceste odpirajo. V drugi raziskavi so Cha DuSong in sodelavci (1999) proučevali optimalno gostoto glavnih in stranskih gozdnih cest v republiki Koreji in pri tem upoštevali zgolj proizvodno funkcijo gozdov.

Optimalna gostota gozdnih cest je glavni dejavnik, ki vpliva na učinkovito in ekonomično gospodarjenje z gozdovi, ugotavljata v svoji raziskavi Pičman in Pentek (1996). Glede na visoke stroške gradnje in vzdrževanja gozdnih cest ter visoke proizvodne stroške morajo biti gozdne ceste ustrezno načrtovane in ekonomsko utemeljene. Za posamezno področje je potrebno utemeljiti optimalne rešitve, ki upoštevajo optimalno odprtost, pravilne pogoje in minimalne stroške gradnje, vzdrževanja, transporta spravila in vrednosti gozda in gozdne krajine.

Cho KooHyun in sodelavci (1999) so raziskovali potrebno gostoto omrežja gozdnih cest za najmanjše skupne stroške gradnje in strojne proizvodnje v gozdu pri različnih konfiguracijah terena.

Izvedbo del v zasebnih gozdovih v odvisnosti od odprtosti gozda sta proučevala Matsumoto in Kitagawa (1999). Ugotovila sta, da z razdaljo od prometnice upada obseg del. Dela se izvajajo na razdalji do 300 m od ceste, v povprečju pa 210 m od ceste. Glede na povprečno pravilno razdaljo, ki znaša 275 m, sta ugotovila potrebo po dograditvi omrežja gozdnih cest. V drugi raziskavi sta Matsumoto in Kitagawa (2000) analizirala omrežje gozdnih cest v gozdnem področju Okumikawa na Japonskem. Ugotovila sta povezavo med gostoto omrežja gozdnih cest in dostopnostjo v gozd.

Qiu RongZu (2000) je ugotavljal optimalno gostoto cestnega omrežja gozdnih cest glede na njihovo razporeditev. Ugotovil je, da je optimalna gostota cestnega omrežja dosežena pri priključkih stranskih gozdnih cest na glavne gozdne ceste pod kotom 90 stopinj, pri tem pa mora biti gostota omrežja prilagojena tehnologiji sečnje in spravila. V naslednji raziskavi sta Qiu RongZu in Wu Qiang (2002) pri oblikovanju modela optimalne gostote omrežja gozdnih cest upoštevala zgolj konfiguracijo terena.

Eghetesadi in sodelavci (2003) so v svojih raziskavah načrtovali gostoto omrežja gozdnih cest glede na tehnološke možnosti spravila lesa, mehansko stabilnost terena in klimatske dejavnike.

Pri optimiranju omrežja gozdnih cest in načrtovanju lege glavnih gozdnih cest je Hruza (2003) upošteval gostoto glavnih gozdnih cest, pravilno razdaljo, geometrično in

teoretično pravilno razdaljo in učinkovitost odpiranja posameznega gravitacijskega območja.

Algoritem za načrtovanje gostote omrežja gozdnih cest na osnovi več vhodov sta izdelala Anderson in Nelson (2004). Cestno omrežje sta oblikovala na podlagi objektivne presoje dolgoročnih učinkov cestnega omrežja na gospodarjenje z gozdom. Kriteriji presoje so skupna dolžina gozdnih cest, odprtost gozdov, naklon terena ter horizontalna in vertikalna lega ceste.

Na primeru odraslih gozdov v Britanski Kolumbiji so DeLong in sodelavci (2004) oblikovali dinamični model gostote cestnega omrežja na osnovi razporeditve golosečnih površin, potrebnega števila prečkanja vodotokov in dostopa v gozd v časovnem obdobju več deset let. Rezultati raziskave kažejo večanje potrebne dolžine gozdnih cest v odvisnosti od velikosti in razporeditve golosečne površine. Oblikovani model je v prihodnosti možno učinkovito uporabiti pri določanju vpliva različnih oblik sečenj na ekološke indikatorje v gozdu.

Visoki stroški gradnje gozdnih cest pomembno vplivajo na celotno gozdno proizvodnjo, zato je načrtovanje gradnje izjemnega pomena za zmanjšanje skupnih stroškov gospodarjenja (Majnounian in sod., 2007). Pri načrtovanju odpiranja gozda z gozdnimi cestami za vsako izbrano območje oblikujejo več različnih variant odpiranja. Z uporabo programa PEGGER je v raziskavi prikazan postopek načrtovanja gozdnih cest, ki temelji na uporabi digitalnega modela višin. Optimalna varianta je na koncu izbrana na osnovi vrednotenja posamezne variante s tehničnega vidika z uporabo GIS.

3.4 VEČKRITERIJSKI PRISTOP

Zadnja skupina raziskav predstavlja poskus določevanja optimalne gostote gozdnih cest ob upoštevanju več kriterijev hkrati. Pičman (1994) v svoji raziskavi utemeljuje ekonomske razloge za izgradnjo optimalne mreže gozdnih cest, pri tem pa upošteva topografske in hidrološke dejavnike. Optimalno gostoto je načrtoval za izbrano območje narodnega parka Medvednica s pomočjo digitalnega modela reliefa, pri rabi gozdnih cest pa poleg osnovne proizvodne vloge upošteva tudi rekreacijsko in turistično vlogo.

Zanimiv je poskus Mortona in sodelavcev (1995), ki so ovrednotili ekonomski učinek kvalitativnih sprememb okolja na rekreacijski lov. Parametri, ki so jih upoštevali, so bili: odprtost gozdov, populacija divjadi in spremembe v potovalnih razdaljah, ki nastajajo zaradi gozdne proizvodnje. Avtorji so predlagali večji vpliv ostalih funkcij gozda pri načrtovanju gozdne proizvodnje.

Marchi in Spinelli (1997) sta proučevala vplive gozdnih cest na okolje. Ugotovila sta, da je potrebno za učinkovito gospodarjenje z gozdovi zagotoviti ustrezno odprtost gozdov z gozdnimi cestami, katerih primarna raba služi za potrebe gozdne proizvodnje, rekreativne namene ali ostale rabe oziroma kombinacijo vseh. Potrebe po odprtosti gozdov s poudarjeno rekreacijsko vlogo je proučeval tudi Yamaki (1995). V svoji raziskavi je ugotovil, da ima odprtost odločilen vpliv na rekreacijsko rabo gozda.

V analizi razvoja gozdarstva v Estoniji je Pikk (2000) ugotovil vedno večje križanje interesov v gozdu. Poleg naraščanja potreb po lesu in proizvodnji kvalitetnega lesa sočasno narašča pomen ostalih vlog gozda. Zaradi tega prihaja do križanja interesov med porabniki lesa, ki zahtevajo vedno večje količine lesa na tržišču, ter zagovorniki ohranjanja narave in biološke raznovrstnosti. Ugotovil je, da obstoječega antagonizma ni nemogoče odpraviti, potrebno pa je poiskati rešitve, ki v največji meri upoštevajo obe strani.

Na primeru narodnega parka Massif de Bauges (Francija) je Millot (2001) razvil večkriterijski pristop pri načrtovanju gostote gozdnih cest. V osnovi je načrtoval gostoto gozdnih cest za optimalno gozdno proizvodnjo, pri tem pa upošteval fizične, tehnične, socialne in ekonomske dejavnike, hkrati pa tudi biodiverziteto in krajino. Potencialna konfliktna področja je prostorsko opredelil.

Model optimizacije omrežja gozdnih cest je oblikoval Pentek (2002), pri tem je upošteval ekonomske, tehnične, tehnološke, okoljske, ekološke in sociološke skupine dejavnikov. Glede na stanje na terenu je rangiral posamezen dejavnik in določil primernost lokacije posamezne gozdne ceste s skupnim številom točk. V raziskavi je upošteval širok izbor vplivnih dejavnikov, ne pa celotnega nabora vlog gozda.

Gostoto cest v odvisnosti od gostote poselitve, lastništva, oblike vegetacije in tal so raziskovali Hawbaker in sodelavci (2005). Z raziskavo so ugotovili, da je večja gostota poselitve in matična podlaga z zadostno nosilnostjo povezana z večjo gostoto cest. Dodatno so ugotovili še odvisnost gostote cestnega omrežja od kmetijske rabe tal in vrste gozdnih sestojev. Vse skupaj nakazuje na kompleksnost socialnih, institucionalnih in okoljskih vplivov na razporeditev cest v krajini.

Aruga in sodelavci (2006) so v svojih raziskavah izračunavali optimalne trase gozdnih cest v odvisnosti od dolžine trase in transporta zemeljskih mas. Končni rezultat raziskave je bil oblikovanje računalniškega programa, ki izračunava optimalne trase gozdnih cest ob pomoči kardinalnih točk, ki so predhodno določene na terenu. V raziskavah so uporabili topografske in ortofoto karte ter digitalni model višin. Dodatno so upoštevali tudi erodibilna in zaščitena področja gozda.

Kravanja in Potočnik (2007) sta v svojih raziskavah proučevala odprtost gozdov s protipožarnimi gozdnimi prometnicami v požarno ogroženih gozdovih na področju Kraškega gozdnogospodarskega območja. Protipožarne gozdne prometnice omogočajo dostop gasilskim enotam v primeru požara, hkrati pa do določene mere omogočajo tudi gozdno proizvodnjo. Optimalna odprtost se v primeru teh prometnic podreja kriterijem dostopnosti gasilskih enot in ne dejavnikom gozdne proizvodnje.

Za podporo odločanju pri načrtovanju gradnje gozdnih cest so Samani in sodelavci (2010) razvili model načrtovanja gozdnih cest z uporabo GIS in AHP (**A**nalytical **H**ierarchy **P**rocess) metode hkrati. V raziskavi so z metodo AHP hkrati upoštevali več vplivnih dejavnikov: naklon terena, tip tal, geologija, hidrološke razmere, ekspozicija, lesna zaloga, drevesna vrsta in karte s plastnicami. Z metodo AHP so bila v območju raziskovanja izločena območja, ki so glede na primernost za gradnjo gozdnih cest opredeljena kot najboljša, dobra, srednja, slabša in najslabša. V izbrano območje raziskovanja je bila nato načrtovana gozdna cesta z uporabo klasične metode. Z uporabo programa PEGGER in izdelanih kart primernosti pa je bila na koncu prikazana možnost hkratne uporabe obeh metod v postopkih načrtovanja gozdnih cest.

Amiri in sodelavci (2012) so v raziskavi vplivnih dejavnikov na gostoto omrežja gozdnih cest upoštevali vpliv geoloških, litoloških in pedoloških dejavnikov. V svoji raziskavi so v gozdovih v območju Darabkola na površini 4740 ha izračunali optimalno gostoto omrežja gozdnih cest 10,6 m/ha in povprečno pravilno razdaljo 235 m.

Dosedanje raziskave so proučevale vplivne dejavnike na gostoto gozdnih cest ločeno po posameznih dejavnikih oziroma v medsebojni interakciji omejenega obsega dejavnikov. Celoten nabor vlog gozda, ki so opredeljene s pravilnikom (Pravilnik o načrtih ..., 2010) pa hkrati ni bil upoštevan v nobeni izmed dosedanjih raziskav. Zaradi opredeljene večnamenske vloge gozda je potrebno oblikovati model nadaljnjega zgoščevanja omrežja gozdnih cest, ki pri načrtovanju upošteva vse vloge gozda hkrati.

4 CILJI RAZISKOVANJA

Na podlagi obstoječega katastra gozdnih cest ugotoviti skupno dolžino in dejansko gostoto omrežja gozdnih in drugih cest v občini v odvisnosti od pravilnega sredstva ter izračunati povprečne teoretične pravilne razdalje po ureditvenih enotah.

Določiti dejanske možnosti za nadaljnje povečanje gostote omrežja gozdnih cest v obsegu, ki zmanjšuje skupne stroške pridobivanja lesa in stroške cestnega omrežja. Pri tem so upoštevani dani pogoji spravila lesa, z gozdnogospodarskimi načrti načrtovane količine lesa predvidene za posek v ureditvenem obdobju, stroški gradnje in vzdrževanja gozdnih cest ter stroški zaradi trajne izgube rastne površine.

Glede na opredeljeno večnamensko vlogo gozda oblikovati model vrednotenja vlog gozda, s pomočjo katerega bi določili težo posamezne vloge gozda pri odločanju o nadaljnjem zgoščevanju omrežja gozdnih cest. Na tej osnovi določiti območja, v katerih je gradnja in raba gozdnih cest možna ob hkratnem upoštevanju vseh vlog gozda.

S primerjalnim odpiranjem gozdov analizirati dosedanje načrtovanje gozdnih cest v območju raziskovanja ob upoštevanju ekonomsko tehnoloških kriterijev. S študijem primera pa na podlagi značilnih elementov ničelnice pokazati na prednosti novega pristopa odpiranja gozdov ob upoštevanju vseh vlog gozda hkrati.

Oblikovan model zgoščevanja omrežja gozdnih cest temelji na relativnem pomenu posameznih vlog gozda na proučevanem območju. Zaradi specifičnega nabora in prioritete posameznih vlog gozda zato ni možna posplošitev dobljenih rezultatov, pomembna pa je možnost uporabe oblikovanega modela zgoščevanja omrežja gozdnih cest na širšem nivoju. Končni cilj je doseči praktično uporabnost oblikovanega modela z možnostjo uporabe na nivoju gozdnogospodarskega območja in celotne Slovenije ter s tem doseči konceptualne spremembe na področju načrtovanja zgoščevanja omrežja gozdnih cest.

5 DELOVNE HIPOTEZE

Na osnovi dosedanjih raziskav in poznavanja problematike optimiranja gostote omrežja gozdnih cest smo oblikovali naslednje hipoteze:

- gostota omrežja gozdnih cest je definirana kot dolžina gozdnih cest na enoto površine. Na lahko dostopnih terenih, kjer prevladuje spravilo lesa s traktorji, je povprečna gostota omrežja gozdnih cest višja kot na težko dostopnih terenih, kjer prevladuje spravilo lesa z žičnicami;
- temeljna značilnost pretekle gradnje gozdnih cest je bilo hitro odpiranje kmetij in zaselkov z namenom ohranjanja podeželja. Odpiranje gozda zgolj ob upoštevanju ekonomskih kriterijev bi ob obstoječem omrežju javnih cest vodilo k nižji skupni gostoti gozdnih cest;
- ekonomska utemeljitev gradnje gozdnih cest temelji na stroških pridobivanja lesa in stroških cestnega omrežja. V manjših ureditvenih enotah je nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest ekonomsko utemeljeno, vendar zaradi iskanja optimuma na izbranem transportnogravitacijskem območju ostajajo posamezna območja gozdov nezadostno odprta;
- v večnamenskem gozdu je potrebno pri načrtovanih posegih v prostor upoštevati vplive na vse vloge gozda. Zaradi različno poudarjenega pomena posameznih vlog gozda v ureditvenih enotah so določeni predeli različno primerni za novogradnjo gozdnih cest. Načrtovanje zgoščevanja omrežja gozdnih cest ob upoštevanju vseh vlog gozda hkrati vodi do manjšega obsega novogradenj gozdnih cest kot načrtovanje zgoščevanja zgolj na ekonomsko tehnoloških kriterijih;
- medsebojna razmerja med vlogami gozda so odvisna od opredeljenega pomena posamezne vloge gozda. Z novogradnjo gozdnih cest prihaja do nadaljnega razvoja vlog gozda, sprememb njihovih medsebojnih razmerij in s tem sprememb relativnega pomena posameznih vlog gozda pri načrtovanju nadaljnega zgoščevanja omrežja gozdnih cest.

6 PROGRAM IN METODE RAZISKOVANJA

V raziskavi smo proučevali gozdne ceste na območju občine Črna na Koroškem, v kateri je po katastru 304,1 km gozdnih cest (Kataster gozdnih cest ..., 2007a, Kataster gozdnih cest ..., 2007b). Občina Črna na Koroškem je izbrana zaradi pestre palete vlog gozda in razpoložljive informacijske baze, ki v računalniški obliki obsega karto vlog gozda, kataster gozdnih cest, karto oblik spravila lesa in gozdnogospodarske načrte po gozdnogospodarskih enotah. Občina Črna na Koroškem je izbrana tudi zato, ker je to avtorjev delokrog.

V raziskavi smo najprej analizirali:

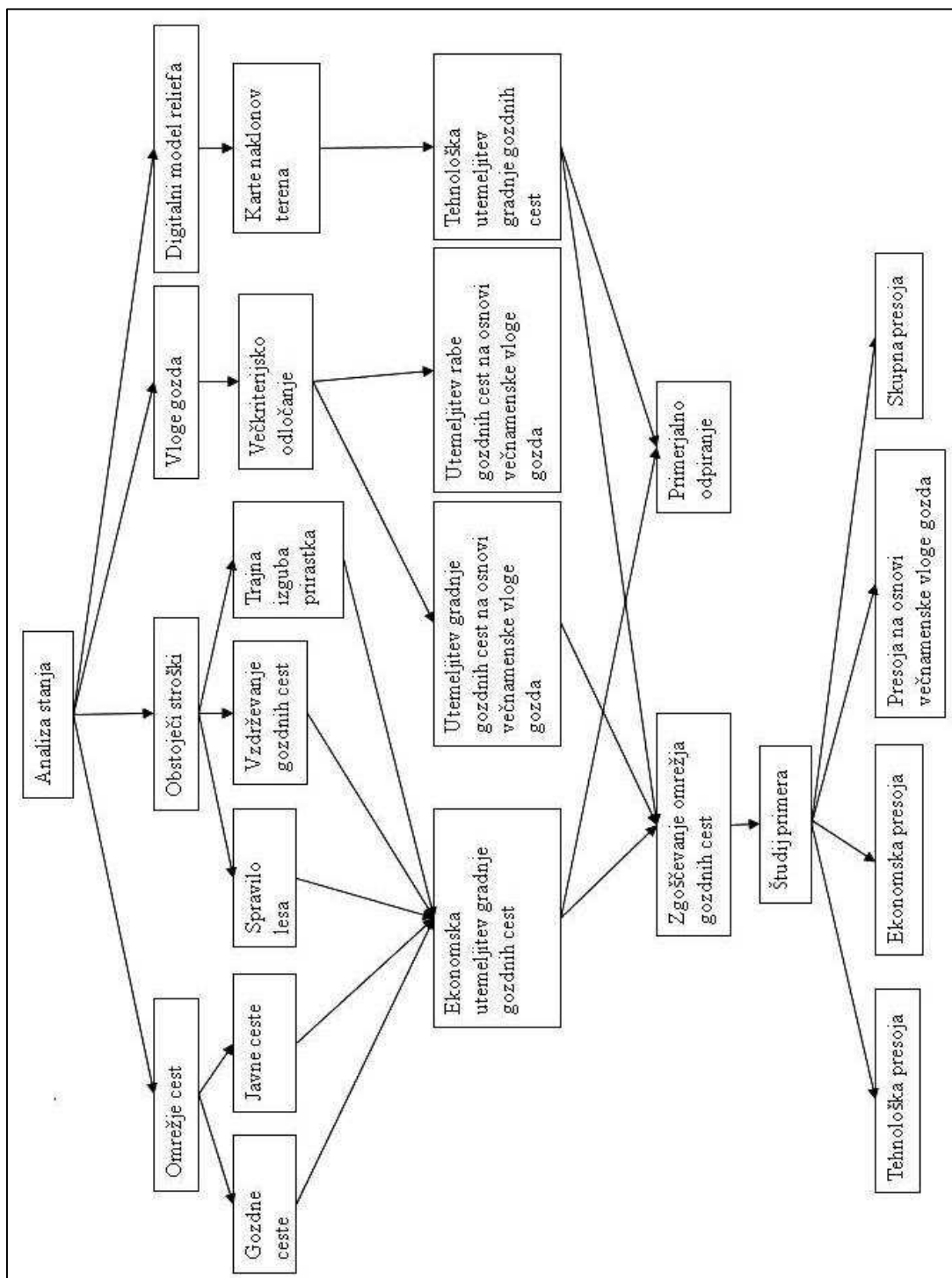
- stanje obstoječega omrežja gozdnih in javnih cest;
- stroške spravila lesa, vzdrževanja gozdnih cest ter stroške zaradi trajne izgube rastne površine;
- vloge gozda na obravnavanem območju;
- relief obravnavanega območja.

Za določitev relativnega pomena posamezne vloge gozda smo v nadaljevanju uporabili postopek večkriterijskega odločanja (Saaty, 1994). Z metodo sinteze smo na podlagi dobljenih rezultatov analize obstoječega stanja gradnjo gozdnih cest utemeljili z ekonomskega, ekološkega in tehnološkega vidika. Za obravnavano območje smo naredili primerjalno odpiranje z gozdnimi cestami na osnovi obstoječega omrežja javnih cest. Na osnovi obstoječega omrežja gozdnih in javnih cest pa smo naredili model zgoščevanja omrežja gozdnih cest. S študijem primera smo nato pokazali na kvaliteto novega pristopa pri zgoščevanju omrežja gozdnih cest. Celoten program raziskovanja je prikazan na sliki 1.

Z raziskavo smo oblikovali model zgoščevanja omrežja gozdnih cest v večnamenskem gozdu, kot odgovor na vprašanje o ciljnih gostotah omrežja gozdnih cest na geografsko zaokroženem področju. Pri tem ne gre za model v najožjem smislu, temveč za način reševanja problema zgoščevanja omrežja gozdnih cest v gozdu z večnamensko vlogo in specifičnimi terenskimi značilnostmi. Za razliko od realnega sistema gre pri modelu namreč zgolj za bolj ali manj dober približek sistema, ki temu primerno glede na vhode v sistem bolj ali manj točno napoveduje izhode iz sistema. S časovno dovolj dolgim in obsežnim registriranjem ter vzročnim analiziranjem vhodno izhodnih parov pa lahko povečamo verjetnost napovedovanja izhodov pri poljubni spremembi vhodov (Gašperšič, 1995).

V oblikovanem modelu zgoščevanja omrežja gozdnih cest v večnamenskem gozdu so uporabljeni tisti vhodi in elementi sistema, katerih učinek je bil merljiv in za katere so

bili na razpolago vhodni podatki. Oblikovani model je tudi odraz sedanjih spoznanj o pomenu in vlogah gozda, zato je ob nenehnih spremembah v družbi in gozdu potrebno načrtovati njegovo posodabljanje v prihodnosti.



Slika 1: Program raziskovanja

Figure 1: Research programme

6.1 ANALIZA STANJA GOZDNIH CEST

Stanje gozdnih cest smo analizirali na podlagi katastra gozdnih cest (Kataster gozdnih cest ..., 2007a, Kataster gozdnih cest ..., 2007b), ki ga vodi Zavod za gozdove Slovenije. V katastru se poleg gozdnih cest vodi osnovna evidenca za javne ceste. V raziskavi so bile analizirane ceste, ki omogočajo prevoz lesa s kamioni in jih lahko označimo kot kamionske ceste.

Pri analizi obstoječega stanja gozdnih cest smo najprej izračunali povprečno gostoto omrežja gozdnih cest v območju raziskovanja

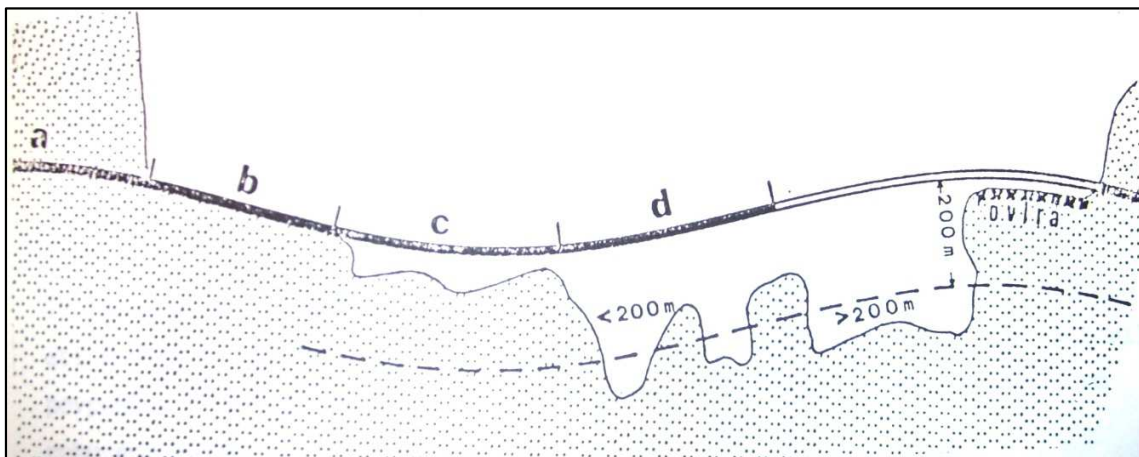
$$c = \frac{L}{P} \quad \dots(1)$$

c ... gostota cest

L ... skupna dolžina cest (m)

P ... površina obravnavanega območja (ha)

Glede na možnost spravila lesa na posamezno cesto govorimo o produktivnih in spojnih cestah. V primeru, da je možno spravilo lesa na cesto, govorimo o produktivni cesti. Za razliko od produktivnih cest pa spojne ceste omogočajo zgolj prevoz lesa. Opredeljevanje produktivnih in spojnih cest je bilo narejeno s pomočjo kriterijev, ki so prikazani na sliki 2.



(Vir: Dobre, 1990)

Slika 2: Vrste cest glede na možnost spravila lesa

Figure 2: Types of roads according to wood skidding possibility

Produktivni odseki cest so pri tem opredeljeni na osnovi naslednjih kriterijev:

- odsek a: cesta poteka skozi gozd, pri tem je pas gozda na obeh straneh ceste širši od 200 m;
- odsek b: cesta poteka po robu gozda, pri tem je pas gozda zgolj na eni strani širši od 200 m;
- odsek c: cesta poteka ob gozdu, pri tem je negozdni pas med cesto in gozdom v celoti ožji od 200 m;
- odsek d: cesta poteka ob gozdu, pri tem je negozdni pas v povprečju ožji od 200 m, globlje jase pa so ožje od 200 m;

Odseki cest, ki ne zadostujejo tem pogojem, so opredeljeni kot spojni odseki cest. Pri izračunu gostote omrežja cest smo dolžine produktivnih cest, ki omogočajo spravilo z obeh strani, upoštevali v celoti. V primeru, ko je omogočeno spravilo lesa na cesto zgolj z ene strani, govorimo o delno produktivni cesti, pri izračunu gostote omrežja cest pa upoštevamo zgolj polovico dolžine ceste.

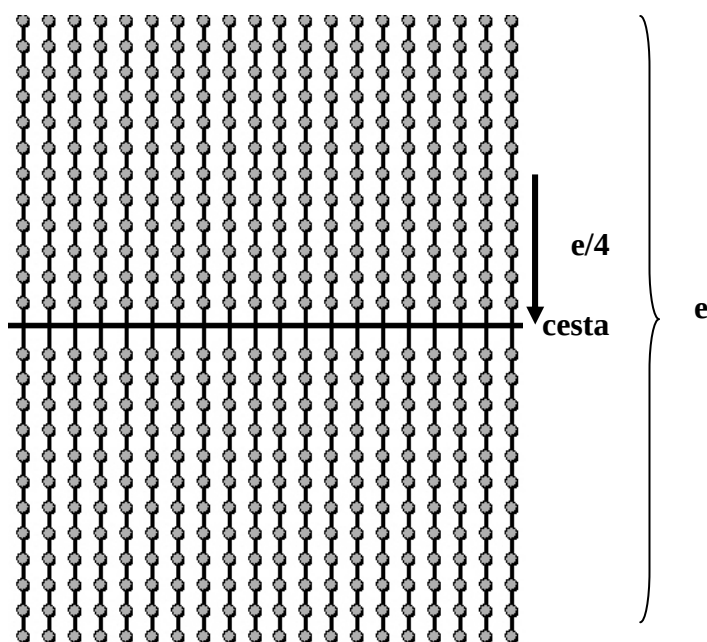
Na osnovi izračunane gostote cest smo izračunali širino pasu, ki ga posamezna cesta odpira:

$$e = \frac{10.000}{c} \quad \dots(2)$$

c ... gostota cest (m/ha)

e ... širina pasu, ki ga odpira posamezna cesta (m)

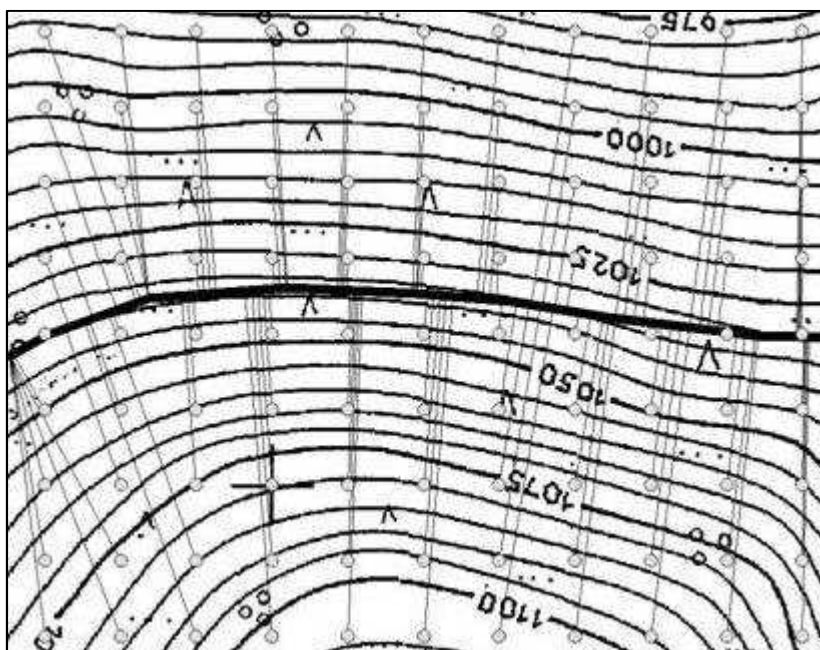
Izračunana širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta odpira, nam služi kot osnova za izračun povprečne teoretične pravilne razdalje. Ta znaša pri cestah v ravnini, ki so pravilno položene v prostor, eno četrtno širine pasu, ki ga posamezna cesta odpira (Uusitalo, 2010).



Slika 3: Povprečna teoretična pravilna razdalja na ravnini

Figure 3: Theoretical mean skidding distance on plane terrain

Za izračun povprečne teoretične pravilne razdalje smo dodatno uporabili še pravokotno mrežo točk digitalnega modela višin (Digitalni model višin, 2010). V primeru, ko je cesta položena čez sredino območja odpiranja, je teoretična pravilna razdalja izračunana iz gostote omrežja cest enaka povprečni teoretični pravilni razdalji, izračunani iz razdalj točk digitalnega modela višin do ceste. V primeru drugih reliefnih oblik prihaja do razlik med obema razdaljama.

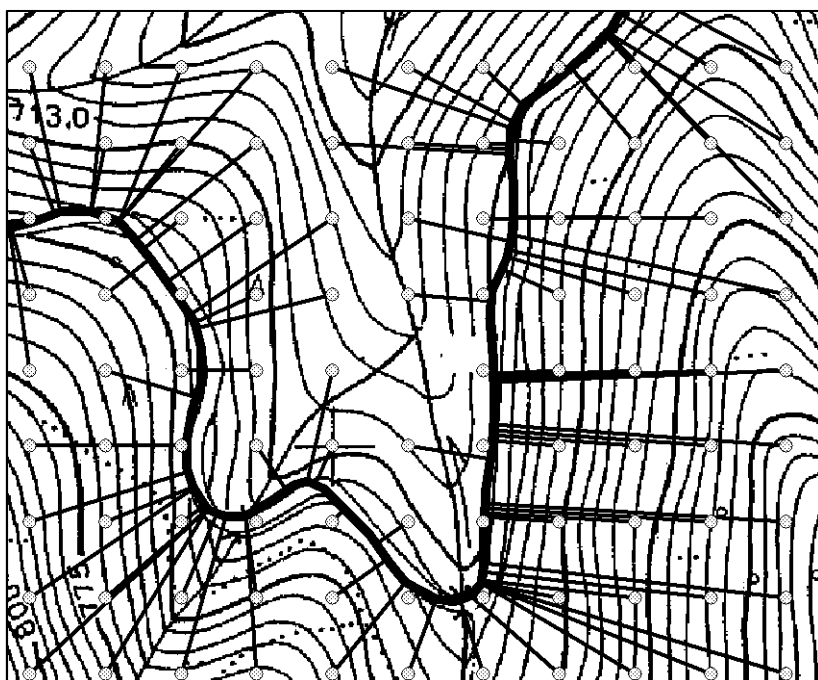


Slika 4: Povprečna teoretična pravilna razdalja na pobočju

Figure 4: Theoretical mean skidding distance on slope

Na pobočju je povprečna teoretična pravilna razdalja, izračunana iz povprečne gostote omrežja cest, manjša kot povprečna teoretična razdalja, izračunana na podlagi točk digitalnega modela višin – DMV (Digitalni model višin, 2010). Razdalji sta lahko enaki le na krajših odsekih cest, saj na večjih dolžinah prihaja do sprememb ekspozicije pobočja. Zaradi krivin na cesti se povečuje skupna dolžina ceste, kar vodi k zmanjšanju povprečne teoretične pravilne razdalje. Dolžina ceste je nekoliko večja tudi zaradi vzdolžnega naklona ceste na pobočju, ki je rezultat načrtovanega premagovanja višinske razlike in omejitve vzdolžnega naklona gozdnih cest (Pravilnik o gozdnih ..., 2009).

Do največjih razkorakov med povprečno teoretično pravilno razdaljo, izračunano na podlagi gostote omrežja cest in razdaljo, izračunano na podlagi točk DMV, prihaja v primeru jarkastega reliefa.



Slika 5: Povprečna teoretična pravilna razdalja na jarkastem terenu

Figure 5: Theoretical mean skidding distance on curvy terrain

Skupna dolžina cest, ki odpirajo enako veliko območje, je v tem primeru še večja kot pri cestah v ravnini in na pobočju. Skupna gostota omrežja cest se s tem povečuje, hkrati pa se zmanjšuje povprečna teoretična pravilna razdalja, izračunana iz gostote omrežja cest. Krajša je tudi povprečna teoretična pravilna razdalja, izračunana iz točk DMV, vendar pa je razkorak med obema v tem primeru največji.

Gostota omrežja cest kot kazalec odprtosti kaže na povprečno odprtost obravnavanega območja, ne pove pa ničesar o mejnih vrednostih. Enake povprečne teoretične pravilne razdalje je možno doseči pri različnih gostotah omrežja cest, kar je rezultat bolj ali manj ustreznega polaganja cest v prostor.

Povprečna teoretična pravilna razdalja kot kazalec odprtosti pridobi na pomenu, ko hkrati uporabimo podatke o gostotah cest. Upoštevanje teoretične pravilne razdalje, izračunane od točk DMV do cest, dodatno pojasnjuje uspešnost polaganja cest v prostor. Izračun je možno narediti za posamezno cesto, za potrebe raziskovalne naloge pa smo naredili izračun za celotno omrežje. Kot kazalec odprtosti smo uporabili koeficient odprtosti (Lünzmann, 1968), ki je primerjava med pravilno razdaljo in povprečno teoretično pravilno razdaljo izračunano kot četrtnina širine pasu, ki ga posamezna cesta odpira.

$$K_e = \frac{c \cdot t}{2500} \quad \dots(3)$$

K_e ... koeficient odprtosti

t ... teoretična pravilna razdalja, izračunana na osnovi razdalj točk DMV do ceste

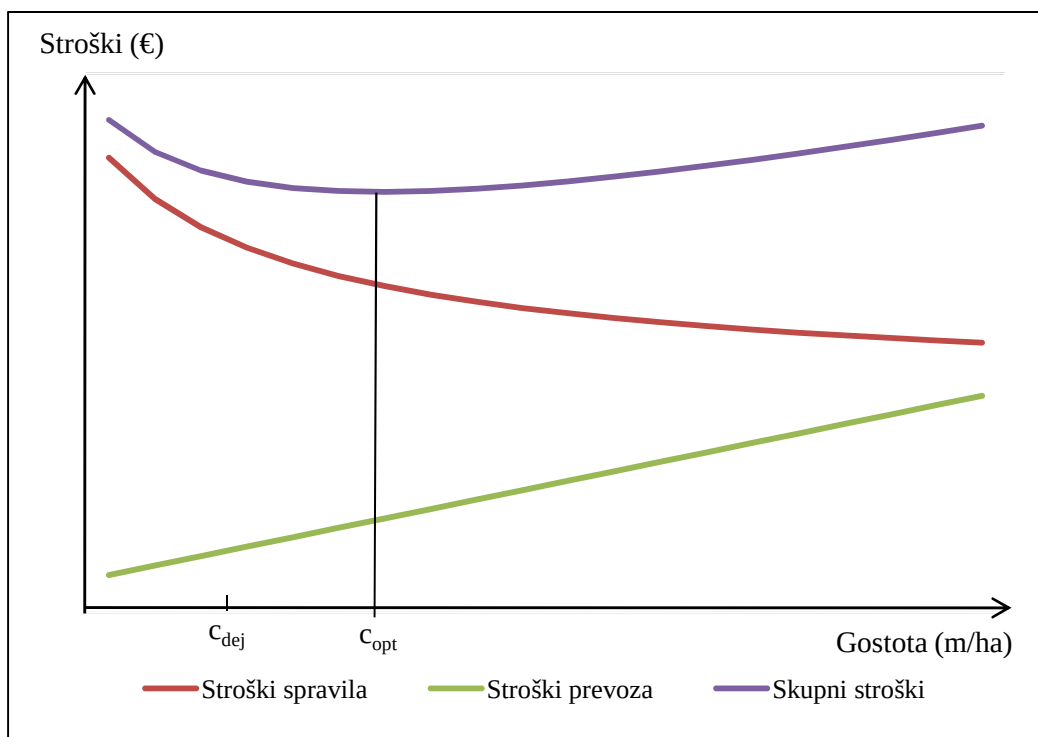
c ... gostota cest

Pri izračunu povprečnih teoretičnih pravih razdalj na podlagi točk DMV smo upoštevali transportnogravitacijske meje in opredeljeno vrsto spravila po posameznih ureditvenih enotah. V primeru žičnega spravila je bila upoštevana možnost spravila lesa navzgor in navzdol, v primeru spravila lesa s traktorjem pa spravilo navzdol.

Pri izračunu povprečnih teoretičnih pravih razdalj na osnovi povprečne gostote omrežja cest smo izračunali povprečno teoretično pravilno razdaljo, ki znaša četrtno pasu, ki ga odpira posamezna cesta. V primeru, da so ceste pravilno položene, se tako izračunana razdalja približa povprečni teoretični pravilni razdalji, izračunani na osnovi razdalj točk DMV do posameznih cest.

6.2 EKONOMSKA UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST

Ekonomski utemeljitev gradnje gozdnih cest temelji na razliki med obstoječo in optimalno gostoto omrežja gozdnih cest na gravitacijsko zaključenem območju. Optimalna gostota omrežja gozdnih cest je utemeljena pri najmanjših skupnih stroških spravila lesa in stroških prevoza (Potočnik, 1998).



Slika 6: Ekonomsko utemeljena gostota omrežja gozdnih cest

Figure 6: Economically founded forest road network density

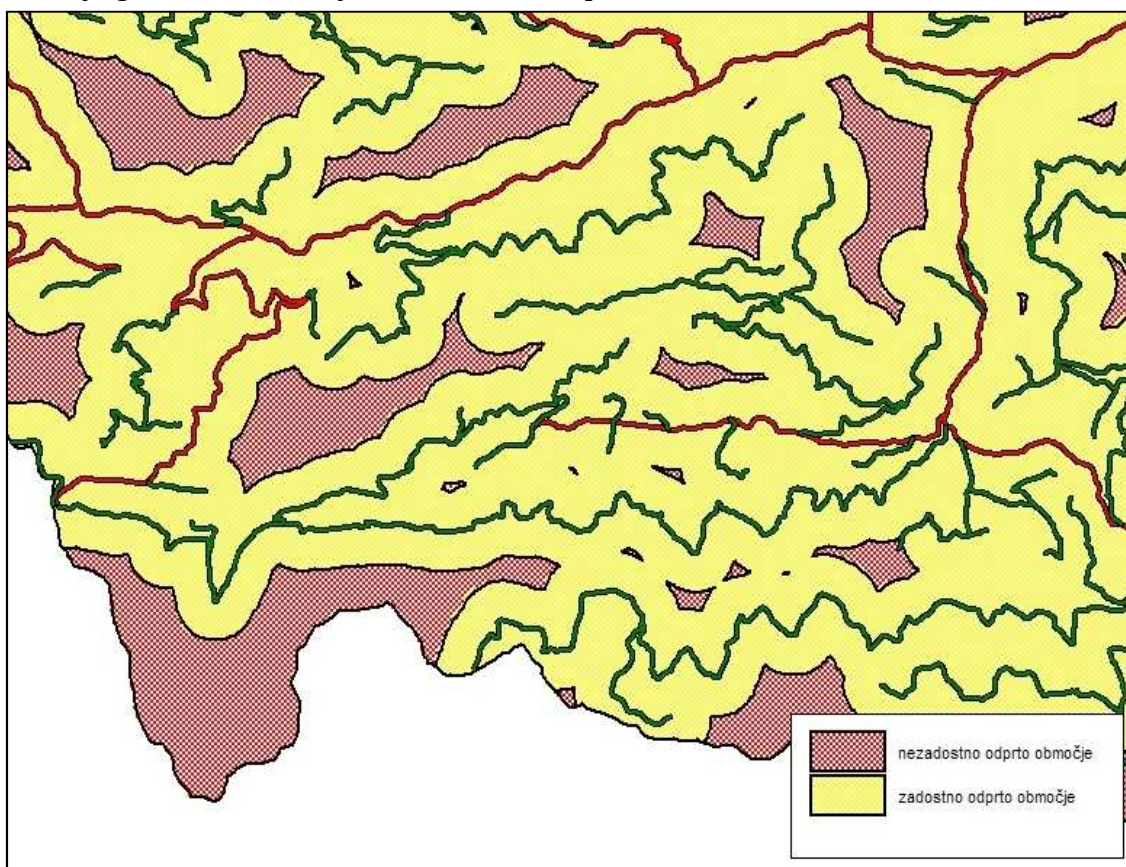
Stroške prevoza predstavljajo stroški za gradnjo in vzdrževanje gozdnih cest in stroški vožnje lesa. K stroškom spravila sodijo stroški za gradnjo in vzdrževanje gozdnih vlak, stroški spravila lesa in posredni stroški, kamor prištevamo stroške zaradi poškodb na tleh, stroške zaradi poškodb sestoja in sortimentov ter stroške hoje.

Stroški spravila z večanjem gostote omrežja gozdnih cest padajo zaradi zmanjšanja pravih razdalj. Hkrati pa z večanjem gostote omrežja gozdnih cest naraščajo stroški prevoza kot posledica stroškov gradnje gozdnih cest in potrebe po njihovem vzdrževanju ter povečanja stroškov vožnje zaradi daljših razdalj prevoza.

Pri iskanju najmanjših skupnih stroškov spravila in stroškov prevoza so izračuni stroškov narejeni pri različnih gostotah omrežja gozdnih cest. Pri tem je pri vsaki gostoti gozdnih cest predvidena optimalna razporeditev cest v prostoru, povprečne teoretične pravih razdalje pa izračunane kot četrtnina širine pasu, ki ga posamezna cesta odpira. Vrsta spravila lesa je opredeljena z naklonom terena in povprečno teoretično pravilno razdaljo. Izračuni so bili narejeni s pomočjo programa MS 2007 - Excel.

Načrtovanje nadaljnje gradnje gozdnih cest temelji na optimalni gostoti gozdnih cest in na tej podlagi izračunani širini pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira. Z določitvijo območij okoli obstoječega omrežja gozdnih in javnih cest se nato izločijo nezadostno odprta območja. V ta področja je potrebno ob upoštevanju terenskih značilnosti in predpisanih tehničnih elementov gozdnih cest načrtovati gradnjo gozdnih cest. Ekonomska utemeljitev gradnje posamezne gozdne ceste je nato vezana na velikost in obliko posameznega nezadostno odprtega območja in načrtovan posek lesa v ureditvenem obdobju. Pri tem je osnovni kriterij večje zmanjšanje stroškov spravila kot je povečanje stroškov prevoza, kar lahko dolgoročno zagotavlja povrnitev osnovne naložbe, ki jo predstavlja načrtovana gradnja gozdne ceste.

Nezadostno odprta območja se pojavljajo tudi v primeru, ko je dejanska gostota omrežja gozdnih cest enaka ali celo večja kot izračunana optimalna gostota na obravnavanem območju. Vzrok so reliefne značilnosti in neupoštevanja ekonomskih kriterijev pri načrtovanju gozdnih cest v preteklosti. Načrtovanje zgoščevanja omrežja in ekonomska utemeljitev načrtovanih tras gozdnih cest je enaka kot v primeru, ko je dejanska gostota omrežja gozdnih cest manjša od izračunane optimalne.



Slika 7: Primer nezadostno odprtih območij

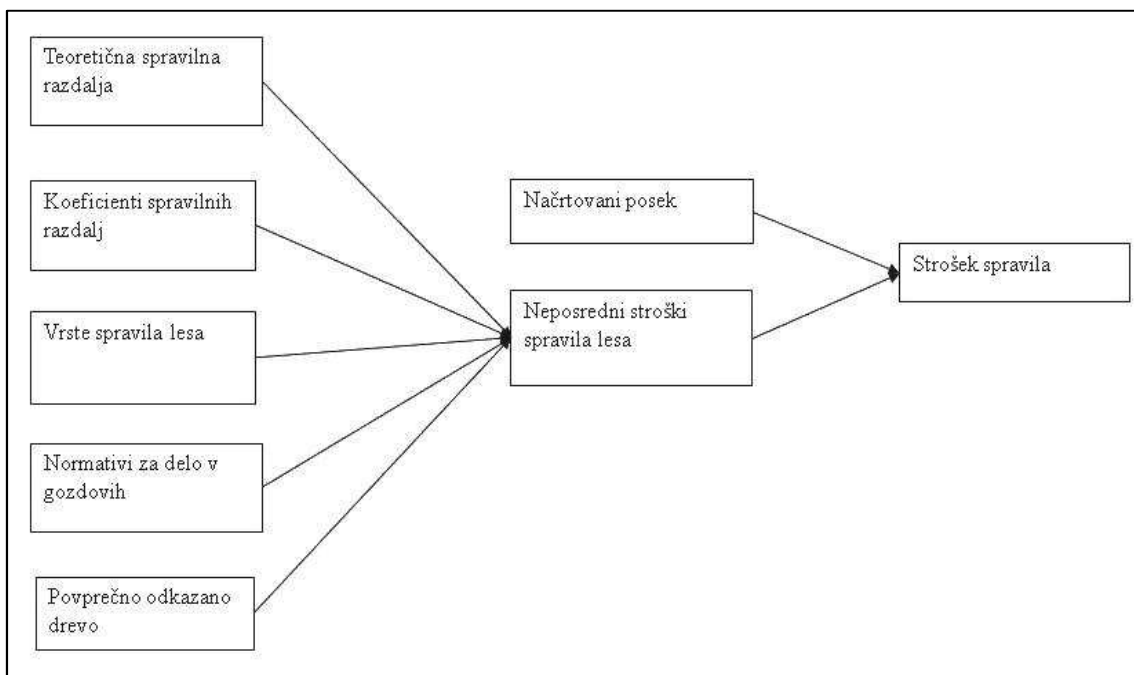
Figure 7: Case of insufficiently opened areas

6.2.1 Stroški spravila

Pri izračunu optimalne gostote omrežja gozdnih cest smo glede na razpoložljive podatke pri stroških spravila izračunali stroške spravila lesa ob upoštevanju z gozdnogospodarskimi načrti opredeljenega načrtovanega poseka lesa po ureditvenih enotah. Zaradi neizdelanega katastra gozdnih vlak na obravnavanem območju stroškov gradnje in vzdrževanja gozdnih vlak nismo upoštevali. V analizi prav tako nismo upoštevali posrednih stroškov.

6.2.1.1 Stroški spravila lesa

Skupni strošek spravila lesa je bil izračun na osnovi načrtovanega poseka lesa in izračunanih neposrednih stroškov spravila lesa po ureditvenih enotah. Podatke o načrtovanih količinah lesa smo pridobili iz gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot Mežica in Črna – Smrekovec (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007b, Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007a). Neposredni stroški spravila lesa so bili izračunani na podlagi pogodbenih cen koncesionarja, ki jih dosega pri delu v državnih gozdovih na območju raziskovanja (Cenik delovnih ur ..., 2010) in potrebnega števila ur, izračunanih na podlagi normativov gozdnih del, ki so sestavni del Uredbe o koncesiji za izkoriščanje gozdov v lasti Republike Slovenije (2010). Bonifikacije spravila lesa pri osnovnem izračunu stroškov spravila lesa niso bile upoštevane.



Slika 8: Izračun stroškov spravila

Figure 8: Skidding costs calculation

6.2.1.1.1 Načrtovani posek

Količine lesa predvidene za posek v ureditvenem obdobju desetih let po ureditvenih enotah (Mežica in Črna – Smrekovec) smo pridobili iz gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007b, Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007a). Uporabili smo podatke, ki jih v elektronski obliki vodi in vzdržuje Zavod za gozdove Slovenije.

Osnovna ekonomska utemeljitev je bila narejena na podlagi podatkov gozdnogospodarskega načrta za gozdnogospodarsko enoto Mežica, z obdobjem veljavnosti od 1. 1. 2000 do 31. 12. 2009 in za gozdnogospodarsko enoto Črna – Smrekovec, z obdobjem veljavnosti 1. 1. 2002 do 31. 12. 2011. Predvideni letni posek znaša eno desetino desetletnega, do odstopanj po posameznih letih pa prihaja predvsem zaradi delovanja naravnih dejavnikov, kot so veter, sneg in gradacije podlubnikov. Zaradi pričakovanih sanitarnih sečenj je načrtovan posek tudi v varovalnih gozdovih.

Z obnovo gozdnogospodarskih načrtov po koncu ureditvenega obdobja prihaja do sprememb načrtovanih količin poseka po ureditvenih enotah. Pri izračunavanju optimalne gostote gozdnih cest so bile te spremembe upoštevane.

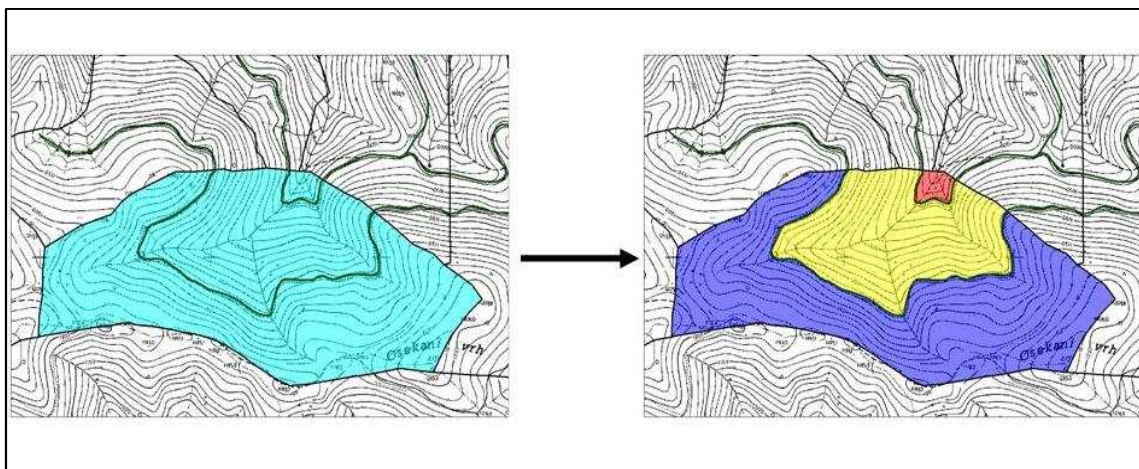
Transportnogravitacijske enote, ki so bile izločene pri obnovah načrtov gozdnogospodarskih enot, smo deloma preoblikovali. Poleg gravitacije lesa na določeno cesto je bilo temeljno vodilo pri oblikovanju transportnogravitacijskih enot obstoječe omrežje javnih cest, preko katerih se v nobenem primeru ne izvaja spravilo lesa, temveč po njih poteka transport lesa s kamioni. Oblikovano mrežo odsekov, ki so ureditvene enote pri gozdnogospodarskem načrtovanju, smo preoblikovali po mejah transportnogravitacijskih enot in pri tem načrtovan posek razdelili proporcionalno glede na površino gozda v posameznem delu enote. Dodatno so bili odseki razdeljeni na pravilna polja glede na vrsto in smer spravila v odseku. Načrtovani posek je bil tudi v tem primeru razdeljen proporcionalno glede na površino posameznega polja znotraj odseka.

6.2.1.1.2 Neposredni stroški spravila lesa

Izračun stroškov pridobivanja lesa je bil izdelan na osnovi potencialnih načinov spravila lesa po pravih poljih, ki smo jih določili na osnovi naklonov terena, opredeljenih v gozdnogospodarskih načrtih po odsekih. Naklon terena, kjer je razmejitev med traktorskim in žičnim spravilom ekonomsko utemeljena, je odvisen od več dejavnikov. Pri spravilu lesa s traktorjem navzdol oziroma z žičnico navzgor je pri naklonih terena nad 50 % spravilo lesa z žičnico gospodarnejše od spravila lesa s traktorjem (Košir,

1990) in to razmejitev smo uporabili pri opredelitvi vrste spravila lesa po ureditvenih enotah. Na tej osnovi smo nato izdelali tematsko karto potencialnih načinov spravila lesa po pravilnih poljih. Do podobne razmejitve med posameznimi vrstami spravila lesa so prišli tudi Dietz in sodelavci (1984), ki za Schwarzwald ugotavljajo razmejitve med spravilom lesa s traktorjem in žičnico pri naklonu terena 55 %.

Vse odseke smo najprej razdelili na pravilna polja glede na obstoječe omrežje gozdnih in javnih cest. V primeru na naslednji sliki odsek delita dve gozdni cesti in na ta način so oblikovana tri pravilna polja.



Slika 9: Razdelitev odseka na pravilna polja

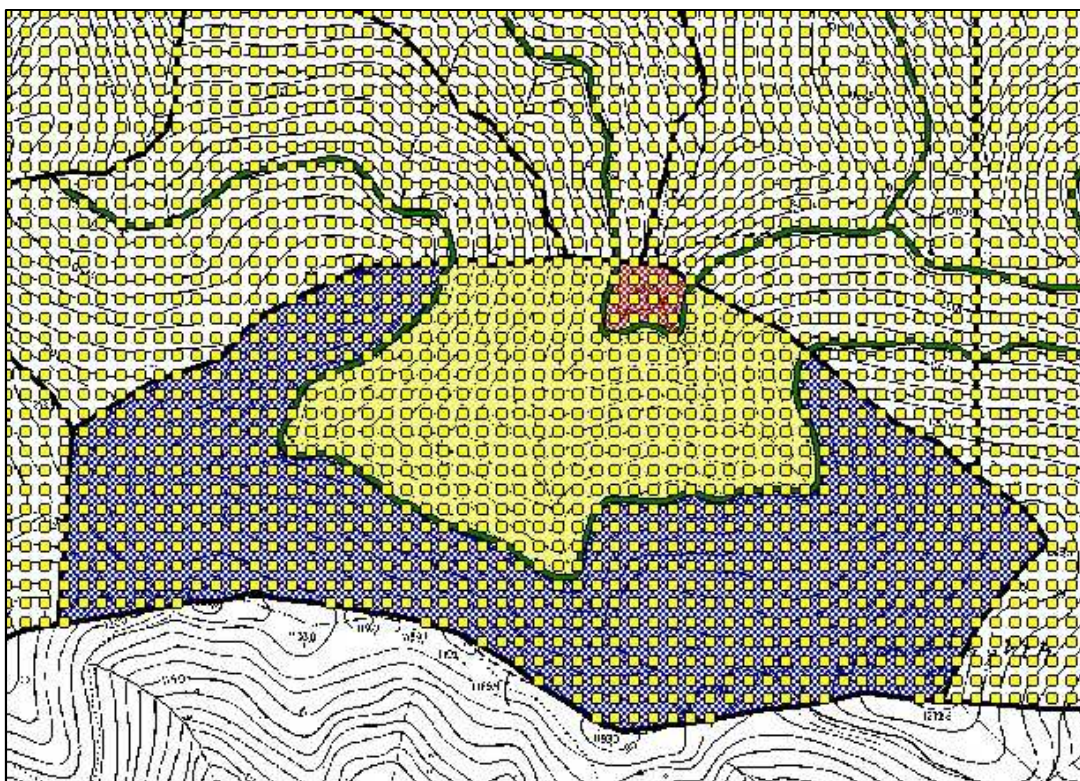
Figure 9: The subcompartement distribution to skidding fields

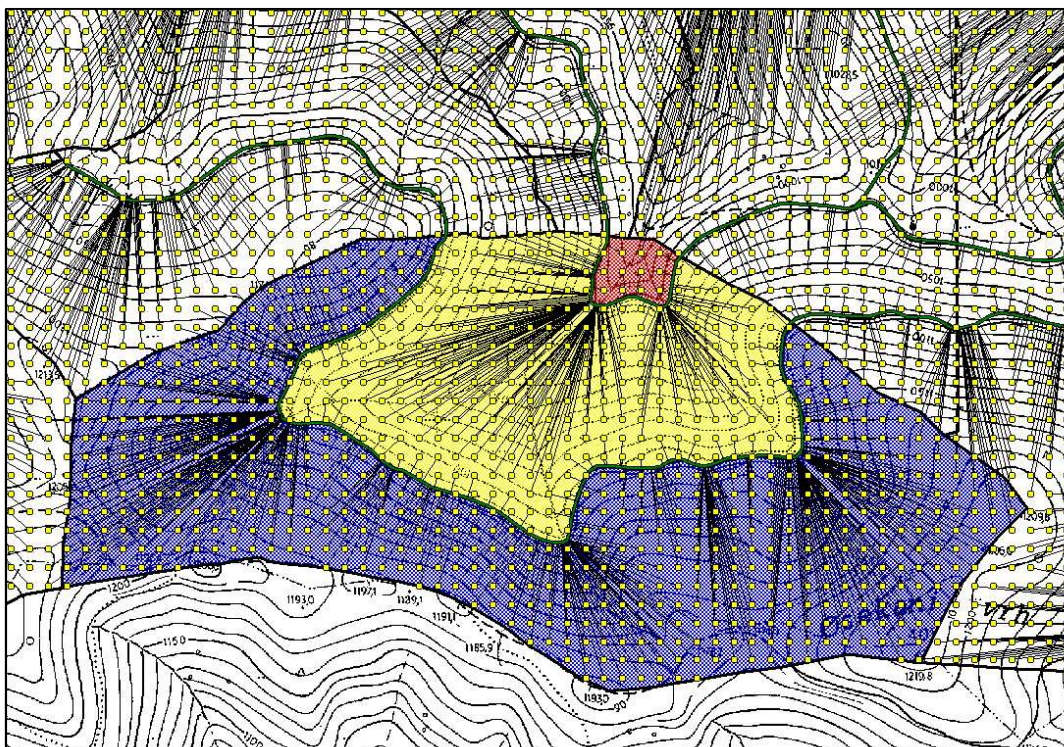
Povprečno pravilno razdaljo v posameznem pravilnem polju in v celotnem odseku smo določili glede na potencialno vrsto spravila, ki določa smer spravila lesa proti cesti. Pri spravilu s traktorjem smo predvidevali spravilo navzdol. Pri spravilu z žičnico smo upoštevali, da se je Gozdno gospodarstvo Slovenj Gradec, ki je pretežni izvajalec del na območju raziskovanja, v letu 2009 opremilo z novo žičnico Syncrofalke. Ta poleg spravila navzgor omogoča tudi spuščanje lesa navzdol. V območju raziskovanja so tereni, ki so primerni za spravilo lesa z žičnico, tudi v zasebnih gozdovih. Zaradi potrebe po ustrezno opremljenem in usposobljenem izvajalcu del smo predvideli uporabo žičnice Syncrofalke tudi v zasebnih gozdovih.

V območju odpiranja okoli obstoječega omrežja cest, kjer je teoretična pravilna razdalja pri potencialnem spravilu lesa manjša od 50 m, smo upoštevali, da se zaradi racionalizacije stroškov na teh površinah izvaja spravilo lesa s traktorjem na obstoječo cesto tudi na površinah, ki so sicer primerna za spravilo lesa z žičnico. Pri spravilu lesa smo predvideli, da je možno spravilo lesa na vse kategorije cest: regionalne, lokalne in

gozdne ceste. V primeru, ko posamezen odsek odpira ena ali več cest, smo pri izračunu pravih razdalj upoštevali povprečne pravilne razdalje posameznih delov odseka, ki smo ga razdelili s pomočjo cest na pravilna polja (slika 9).

Povprečna pravilna razdalja poleg pravih sredstev določa strošek pravih lesa. Za izračun povprečne pravilne razdalje smo objekt raziskovanja pokrili z mrežo točk digitalnega modela višin z medsebojno oddaljenostjo 25 m (DMV 25). Na celotno površino gozda 13.606,57 ha v območju raziskovanja je bilo tako položenih 221.620 točk.





Slika 11: Računanje pravilne razdalje po pravilnih poljih

Figure 11: Calculating skidding distances by skidding fields

Dejanska pravilna razdalja je od teoretične pravilne razdalje, ki je vzeta kot najkrajša razdalja med posamezno točko DMV 25 in gozdno cesto, bistveno večja. Odvisna je od naklona terena, vrste spravila lesa in značilnosti reliefa. Za izračun dejanske pravilne razdalje smo uporabili koeficiente pravilnih razdalj, ki nam pri znani povprečni teoretični najkrajši pravilni razdalji omogoča izračun dejanske dolžine pravilne poti, ki naj bi jo opravil gozdni lesni sortiment od panja do ceste (Dobre, 1990). Koeficienti pravilnih razdalj pri različnih vrstah spravila lesa, naklonih terena in smerjo spravila so bili izračunani s pomočjo enačbe:

$$k_s = \frac{t_d}{t} \quad \dots(4)$$

k_s ... koeficient pravilne razdalje

t_d ... dejanska pravilna razdalja z upoštevanjem naklona terena in razgibanosti nivelete vlake

t ... najkrajša teoretična pravilna razdalja v tlorisu

Preglednica 1: Koeficienti pravih razdalj k_s

Table 1: Coefficients of skidding distance k_s

Vrsta spravila	Naklon (%)	Smer spravila	Koeficient pravih razdalj k_s
Traktor	0 – 29,9	Gor	1,78
Traktor	30,0 – 50,0	Dol	1,84
Traktor	30,0 – 50,0	Gor	2,31
Žično – VBV*	> 50,0	Gor	1,25

(Vir: Dobre, 1990)

*VBV – Večbobenski vitel

V raziskavi smo na osnovi izračunanih povprečnih teoretičnih pravih razdalj in koeficientov pravih razdalj izračunali dejanske pravih razdalje po ureditvenih enotah. Te smo nato uporabili pri izračunu potrebnega števila ur za spravo lesa in stroškov spravila lesa. Pri spravi lesa s traktorjem in pri žičnem spravi lesa navzgor smo uporabili vrednosti koeficientov pravih razdalj (preglednica 1). Pri žičnem spravi lesa navzdol smo prav tako uporabili koeficient pravih razdalj 1,25, ki je sicer izračunan za spravo lesa navzgor. Pri ročnem predspravi lesa smo pri izračunu dejanske pravih razdalje upoštevali povečanje teoretične pravih razdalje zaradi naklona terena.

Glede na izbrano pravilno sredstvo smo v nadaljevanju izračunali potreben obseg dela za spravo lesa, predvidenega za posek v ureditvenem obdobju. Pravilni stroški so izračunani na podlagi pogodbenih cen koncesionarja, ki jih dosega pri delu v državnih gozdovih na območju raziskovanja (Cenik delovnih ur ..., 2010) in potrebnega števila ur, izračunanih na podlagi normativov gozdnih del, ki so sestavni del Uredbe o koncesiji za izkoriščanje gozdov v lasti Republike Slovenije (2010).

Preglednica 2: Cene delovnih ur koncesionarja za delo v državnih gozdovih

Table 2: Concessionaire's working hour prices for state forests

Vrsta spravila	Organizacijska oblika	Cene delovnih ur (€ / 8 ur)
Ročno	I	125,79
Traktor	I + 0	256,72
Žično – TVS*	I + 2	565,30
Žično – Syncrofalke	I + 1	701,00

*TVS – Transportni vitel

V odsekih z žičnim pravilom smo upoštevali, da nove tehnologije omogočajo tudi spuščanje lesa na kamionsko cesto, kar smo upoštevali pri izračunu potrebnega števila ur. Popravki osnovnih normativov pri osnovnem izračunu stroškov spravila lesa niso bili upoštevani. Pri proučevanju vpliva popravkov osnovnih normativov na izračunano optimalno gostoto omrežja gozdnih cest pa so bili upoštevani popravki osnovnih normativov v višini 10 % in 20 %.

Bonifikacije spravila lesa, ki jih je možno upoštevati v primeru ročnega spravila so:

- težje drsenje sortimentov: 0 do 20 %;
- lažje drsenje sortimentov (led, zmrzal): 0 do -10 %;
- gosta podrast: 0 do 10 %;
- drobni, dolgi sortimenti: 0 do 25 %.

V primeru spravila lesa s traktorjem se upoštevajo bonifikacije za:

- delo v snegu: 5 do 20 %;
- spravilo sortimentov iz mladja: 15 %;
- spravilo sortimentov iz gošč in letvenjakov: 25 %;
- ozke ceste z neugodnimi rampnimi prostori: do 10 %;
- manjše gostote sečnje (do 15 m³): do 15 %;
- vlake s kratkimi protivzponi, luknjami ali skalami: do 10 %;
- mehke blatne vlake: do 10 %; pri naklonih vlak nad 20 % pa za 15 %;
- spravilo drobnih in dolgih sortimentov na dolгих vlakah (povprečno odkazano drevo do 0,20 m³): 10 %;
- povprečno odkazano drevo nad 1,50 m³: -8 %.

Skupen popravek normativov ne sme znašati več kot 50 %, v nasprotnem primeru je potrebno obračunavati delo po času.

V primeru spravila lesa z žičnicami se lahko upoštevajo naslednje bonifikacije:

- naklon terena v povezavi z razvojno fazo sestoja: do 11 %;
- višina snega nad 30 cm: do 20 %;
- težka prehodnost (skale, bloki, sortimenti, sečni ostanki): do 20 %.

Skupen popravek normativov tudi pri spravilu lesa z žičnicami ne sme znašati več kot 50 %.

Za izračun normativov zbiranja in rampanja lesa smo potrebovali podatek o povprečnem odkazanem drevesu v območju raziskovanja. Povprečno odkazano drevo za območje raziskovanja smo dobili z analizo evidence poseka za obdobje od leta 1994 do leta 2009.

Preglednica 3: Povprečno odkazano drevo v območju raziskovanja

Table 3: Average marked tree in researched area

Povprečno odkazano drevo	Iglavci (m ³)	Listavci (m ³)	Skupaj (m ³)
Bruto	0,93	0,55	0,88
NTO	0,79	0,48	0,75

Pri izračunu povprečnega neto odkazanega drevesa (NTO) smo uporabili faktor rednega odkazila med bruto in neto odkazano lesno maso pri iglavcih 0,85 in pri listavcih 0,88 (Pravilnik o določitvi ..., 2009).

6.2.1.1.2.1 Spravilo lesa s traktorji

Pri spravilu lesa s traktorji smo uporabili normative za prilagojen kolesni kmetijski traktor Torpedo TD-75A, ki ima dve pogonski osi in je opremljen z vitlom 2 x 5 ton. Normativi so izdelani ločeno za zbiranje in rampanje ter za vlačenje lesa (Uredba o koncesiji ..., 2010).

$$NT = f_b \cdot (NT_{sz} \cdot f_{bz} + NT_{sv} \cdot f_{bv}) \quad \dots(5)$$

NT ... normativ spravila lesa (min/t)

NT_{sz} ... osnovni normativ zbiranja in rampanja lesa (min/t)

NT_{sv} ... osnovni normativ vlačenje lesa (min/t)

f_b ... popravek osnovnega normativa za celotno spravilo lesa – delo v snegu

f_{bz} ... popravki osnovnega normativa za zbiranje in rampanje lesa

f_{bv} ... popravki osnovnega normativa za vlačenje lesa

Glede na izdelano mrežo digitalnega modela višin DMV 25, ki za objekt raziskovanja vsebuje 221.620 točk, je možno razdalje zbiranja izračunati tudi s pomočjo orodja DISTANCE CALCULATOR v programu MAPINFO. Za vsako točko se izračuna najkrajša razdalja od točke do prometnice, kar predstavlja razdaljo od panja do prometnice. Za natančen izračun je potreben kataster gozdnih cest in vlak. Kataster gozdnih cest je na proučevanem območju izdelan v celoti, kataster gozdnih vlak pa samo v manjšem delu. Za izračun povprečne razdalje zbiranja smo zato omejili območje z opredeljenim pravilom lesa s traktorjem glede na že izdelan kataster gozdnih vlak. Obravnavano območje je bilo veliko 1.141,22 ha in predstavlja 14,4 % celotne površine, opredeljene za spravilo lesa s traktorjem. S pomočjo orodja DISTANCE CALCULATOR smo v programu MAPINFO za 18.613 točk DMV 25 izračunali razdaljo do najbližje prometnice, ki je v tem primeru gozdna cesta, javna cesta ali

gozdna vlaka. Povprečna razdalja zbiranja vseh točk do najbližje prometnice znaša 29,07 m.

Zaradi kontrole dobljenih rezultatov smo razdaljo zbiranja izračunali še s pomočjo obrazca (Uredba o koncesiji ..., 2010):

$$ZBI = \frac{0,35 \cdot P}{PRO} \quad \dots(6)$$

ZBI ... razdalja zbiranja (m)

P ... površina delovnega polja (m²)

PRO ... skupna dolžina prometnic (vlak, poti in cest) na in ob sečišču (m)

Pri izračunu povprečne razdalje zbiranja v tem primeru ni upoštevana lega vlak, kot je pri izračunu s pomočjo točk digitalnega modela višin DMV 25. Izračunana razdalja zbiranja je v tem primeru krajša in znaša 24,28 m. Za nadaljnjo raziskavo smo uporabili vrednosti, izračunane s pomočjo orodja DISTANCE CALCULATOR.

Kategorija zbiranja lesa smo nato opredelili na osnovi naklona terena in kamnitost:

- kategorija 1 - ugodno: naklon terena je manjši od 30 %, površje je gladko do srednje kamnito (do 50 % površine);
- kategorija 2 - srednje ugodno: naklon terena je 30 % do 50 % ali kamnitost je 50 % in več, skalnatost do 30 %. V to kategorijo zbiranja sodijo tudi ureditvene enote, ki imajo naklon terena manjši od 30 % in z reliefom, ki ni gladek do valovit;
- kategorija 3 - neugodno: zelo strma pobočja z naklonom terena 50 % in več oziroma s kamnitostjo preko 50 % ali skalnatostjo preko 30 %.

Normativi zbiranja lesa so podani v minutah na tono, zato je potrebno načrtovani posek, ki je izražen v kubičnih metrih, preračunati na tone. Pri tem smo uporabili faktorje za preračunavanje prostorninskih enot v maso.

Preglednica 4: Faktorji (f_g) za preračunavanje prostorninskih enot (m^3) v maso (t) pri zbiranju in rampanju lesa

Table 4: Factors (f_g) for the conversion of the volumes (m^3) into mass (t) at the wood gathering and levelling

Enota	Vrsta sortimentov	Masa enote (t) Faktor f_g	Prostornina 1 t [m^3]
m^3	Oblovina smreke in jelke v lubju	0,95	1,053
m^3	Oblovina listavcev (razen hrasta)	1,10	0,909

(Vir: Uredba o koncesiji ..., 2010.)

Normativi zbiranja in rampanja lesa so izdelani posebej za iglavce in listavce.

Preglednica 5: Normativi zbiranja in rampanja lesa

Table 5: Norms of wood gathering and levelling

Kategorija zbiranja	Drevesna vrsta	Normativ zbiranja in rampanja lesa (min/t)
Ugodno	Iglavci	$NT_{sz} = (0,912/NTO + ZBI \cdot 0,072 + 0,528 + 0,72 \cdot POD)/f_g$
Srednje ugodno	Iglavci	$NT_{sz} = (0,978/NTO + ZBI \cdot 0,072 + 0,684 + 0,72 \cdot POD)/f_g$
Neugodno	Iglavci	$NT_{sz} = (1,038/NTO + ZBI \cdot 0,072 + 1,092 + 0,72 \cdot POD)/f_g$
Ugodno	Listavci	$NT_{sz} = (0,942/NTO + ZBI \cdot 0,072 + 0,924 + 0,72 \cdot POD)/f_g$
Srednje ugodno	Listavci	$NT_{sz} = (1,122/NTO + ZBI \cdot 0,072 + 1,116 + 0,72 \cdot POD)/f_g$
Neugodno	Listavci	$NT_{sz} = (1,296/NTO + ZBI \cdot 0,072 + 1,542 + 0,72 \cdot POD)/f_g$

(Vir: Uredba o koncesiji ..., 2010.)

...(7)

NT_{sz} ... osnovni normativ zbiranja in rampanja lesa (min/t)

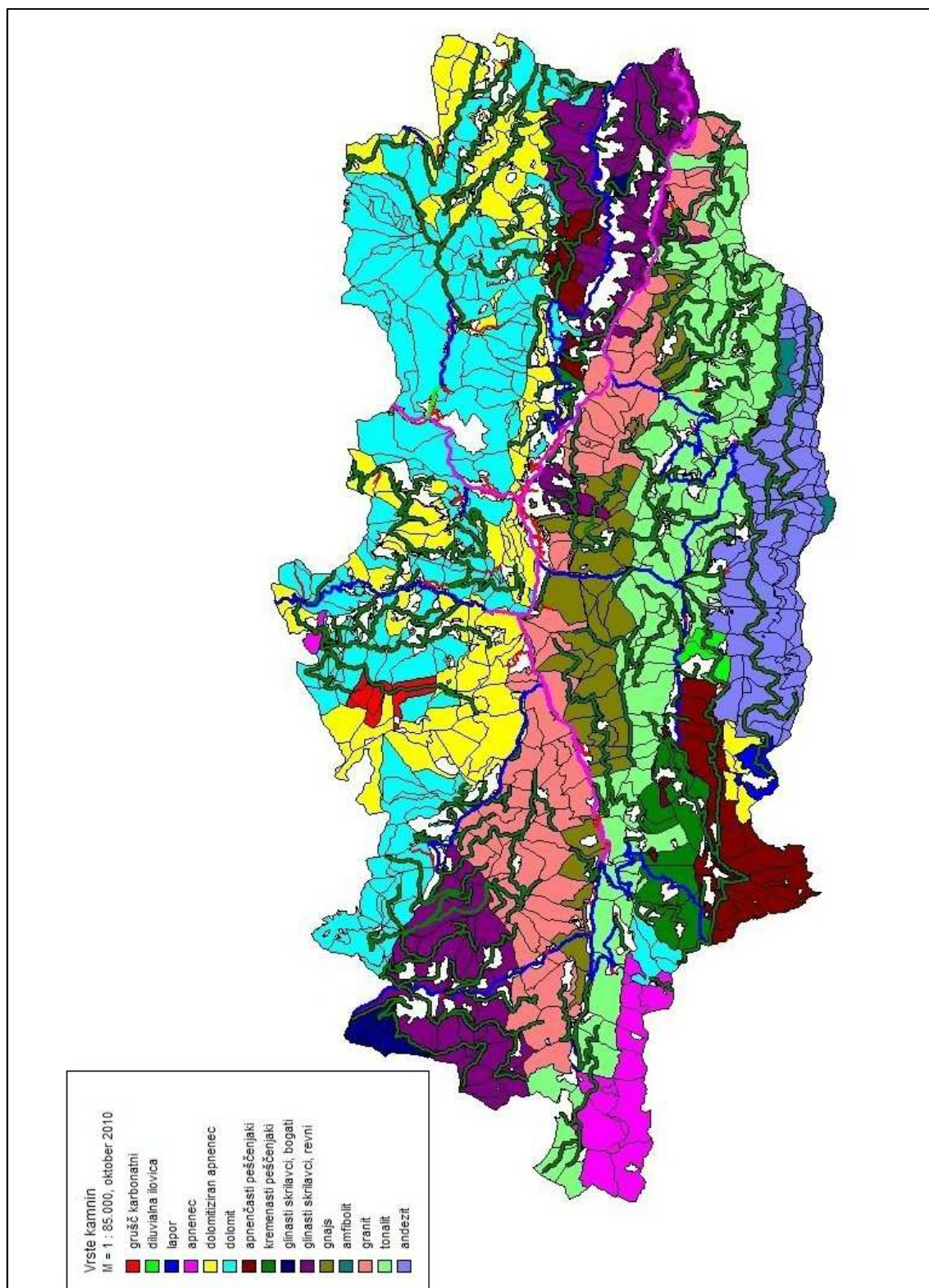
NTO ... povprečno odkazano drevo (m^3)

ZBI ... razdalja zbiranja (m)

POD ... podlaga: neapnenec (0), apnenec (1)

f_g ... faktor za preračunavanje prostorninskih enot (m^3) v maso (t)

Za izračun učinkov zbiranja je pomembna matična podlaga, ki je opredeljena v gozdnogospodarskih načrtih (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007b in Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007a). Na osnovi šifranta smo posamezne kamnine ločili med apneno in neapneno podlago (POD).



Slika 12: Matična podlaga v območju raziskovanja

Figure 12: Ground types in researched area

Glede na šifrant kamnin je bil kot podlaga opredeljen apnenec na 15,99 % površine. Pri izračunu normativov smo v ureditvenih enotah za podlago (POD) upoštevali vrednost 1.

Pri vlačanju lesa smo upoštevali normative za spravilo lesa navzdol in navzgor, kjer so povprečni nakloni vlak med 6 % in 35 % za prilagojene traktorje.

Preglednica 6: Normativi vlačanja lesa

Table 6: Norms of wood skidding

Smer vlačanja	Drevesna vrsta	Normativ vlačanja lesa (min/t)
Navzdol	Iglavci	$NT_{sv} = 1,08 \cdot VLA + 1,67$
Navzdol	Listavci	$NT_{sv} = 1,08 \cdot VLA + 1,67$
Navzgor	Iglavci	$NT_{sv} = 1,92 \cdot VLA + 1,67$
Navzgor	Listavci	$NT_{sv} = 1,92 \cdot VLA + 1,67$

(Vir: Uredba o koncesiji ..., 2010.)

...(8)

VLA ... razdalja vlačanja (hm)

Poprakov osnovnih normativov pri osnovnem izračunu stroškov spravila lesa nismo upoštevali.

6.2.1.1.2.2 Spravilo lesa z žičnicami

Pri spravilu lesa z žičnico smo upoštevali trenutno opremljenost Gozdnega gospodarstva Slovenj Gradec, ki pri žičnem spravilu uporablja veliki večbobenski žični žerjav s stolpi Syncrofalke z dolžino linij do 800 m in nosilnostjo vozička do 3 t.

Normativi spravila lesa iglavcev in listavcev z žičnimi žerjavi veljajo za spravilo navzgor in navzdol za skupino treh delavcev. Normativ prestavljanja (postavljanje, razstavljanje in premiki znotraj delovnega polja) in premike naprave med delovišči pri spravilu lesa z žičnimi žerjavi je določen s faktorjem fmd (Uredba o koncesiji ..., 2010).

$$NT = NT_{sp} \cdot fmd$$

...(9)

NT ... normativ spravila lesa

NT_{sp} ... normativ za samo spravilo lesa (min/t)

fmd ... faktor prestavljanja in premikov žičnice, ki zajema razmerje med vsoto porabljenega časa za postavljanje, razstavljanje, premike znotraj delovnega polja in med delovišči ter časom za spravilo lesa

Pri izračunu normativa spravila lesa smo uporabili faktor $fmd = 1,37$, ki se uporablja v primeru, ko ne poznamo značilnosti linij glede na koncentracijo lesne mase in horizontalno dolžino (Uredba o koncesiji ..., 2010).

Glede na skupno dolžino nosilne vrvi žičnice Syncrofalke smo upoštevali, da je možno z 800 m vrvi ob upoštevanju koeficienta pravilne razdalje 1,25 (Dobre, 1990) na karti načrtovati spravilo lesa na razdalji do 640 m od ceste. Za točke digitalnega modela višin, ki so od ceste bolj oddaljene, smo predvideli ročno predspravilo lesa do skrajnega dosega žičnice.

Osnovni normativ spravila lesa (min/t) smo določili s pomočjo obrazca (Uredba o koncesiji ..., 2010):

$$NTssp = MAS_{NTO}^g \cdot (u \cdot VLA^{b1} \cdot ZBI^{b2} \cdot MAS_{NTO}^h + v \cdot TDC) \quad \dots(10)$$

MAS_{NTO} ... neto masa povprečnega kosa v bremenu

VLA ... razdalja vlačjenja (m)

ZBI ... razdalja zbiranja (m)

TDC ... dodatna produktivna dela v ciklusu (min/breme)

g_1, b_1, b_2, h, u, v ... koeficienti in eksponenti enačbe

Preglednica 7: Vrednosti koeficientov in eksponentov za izračunavanje osnovnega normativa (min/t)

Table 7: Value of coefficients and exponents for the calculation of basic norms (min/t)

Skupina naprav	Smer spravila	Vrednosti koeficientov in eksponentov					
		g	u	b1	b2	h	v
Veliki večbobski žični žerjav	Navzgor	-0,537	1,777	0,115	0,030	0,00	0,00
Veliki večbobski žični žerjav	Navzdol	-0,447	1,497	0,200	0,00	0,00	0,00

(Vir: Uredba o koncesiji ..., 2010.)

Razdalja vlačjenja (VLA) je določena kot povprečna razdalja od težišča odkazane lesne mase (Uredba o koncesiji ..., 2010) zato smo uporabili povprečne teoretične pravilne

razdalje po ureditvenih enotah, ki smo jih določili s pomočjo točk digitalnega modela višin. Razdalja vlačjenja je bila izračunana s pomočjo orodja DISTANCE CALCULATOR v programu MAPINFO.

Za izračun razdalje zbiranja je potreben kataster linij žičnih naprav, ki je na proučevanem območju le deloma izdelan. Izračun povprečne razdalje zbiranja smo zato omejili na območje z izdelanim katastrom linij žičnih naprav. Obravnavano območje je bilo veliko 63,94 ha in predstavlja 1,3 % celotne površine, opredeljene za spravilo lesa z žičnico. Izračun razdalje zbiranja je bil narejen s pomočjo obrazca (Uredba o koncesiji ..., 2010):

$$ZBI = 4.500 \cdot \frac{P_i}{\sum LL_i} \quad \dots(11)$$

ZBI ... razdalja zbiranja (m)

P_i ... površina, ki jo odpirajo linije (ha)

LL_i ... horizontalna dolžina posamezne linije (m)

Povprečna razdalja zbiranja na obravnavanem območju znaša 26,73 m.

Razdaljo zbiranja smo izračunali še s pomočjo točk digitalnega modela višin z medsebojno oddaljenostjo 5 m. S pomočjo orodja DISTANCE CALCULATOR smo v programu MAPINFO za 25.637 točk izračunali razdaljo do najbližje linije žične naprave. Povprečna razdalja zbiranja v tem primeru znaša 15,75 m in predstavlja najkrajšo razdaljo od posamezne točke na terenu do linije žične naprave. Pri tem ni upoštevana višina nosilne vrvi žične naprave in določevanje smeri zbiranja ob upoštevanju reliefnih značilnosti. Zaradi majhne površine obravnavanega območja žičnega spravila in neizdelanega katastra linij žičnih naprav smo za nadaljnjo raziskavo uporabili povprečno razdaljo zbiranja 25,00 m.

Velikost povprečnega kosa v bremenu (MAS_{NTO}) je odvisna od metode sečnje (Uredba o koncesiji ..., 2010):

- Sortimentna metoda:

$$MAS_{sortBTO} = \left[\frac{BTO}{4,516 \cdot BTO^{0,24}} \right] \cdot kt \quad \dots(12)$$

$$MAS_{NTO} = MAS_{sortBTO} \cdot kDV \quad \dots(13)$$

- Metoda mnogokratnikov:

$$MAS_{mnktBTO} = \left[\frac{BTO}{2,4424 \cdot BTO^{0,1773}} \right] \cdot kt \quad \dots(14)$$

$$MAS_{NTO} = MAS_{mnktBTO} \cdot kDV \quad \dots(15)$$

BTO ... bruto prostornina srednjega za posek izbranega drevesa

kt ... prostorninska masa drevja (t/m^3): 1,10 listavci in 0,95 iglavci

kDV ... povprečen faktor rednega odkazila med bruto in neto odkazano lesno maso: 0,85 za iglavce in 0,88 za listavce

Glede na nosilnost vozička (3 t) in možnost dodelave lesa na gozdni cesti smo pri izračunih upoštevali metodo mnogokratnikov. Popravkov osnovnih normativov zaradi nepoznavanja značilnosti posameznih linij nismo upoštevali.

6.2.1.1.2.3 Ročno spravilo lesa

Teoretična pravilna razdalja pri ročnem spravilu lesa je prav tako izračunana s pomočjo točk digitalnega modela višin. Pri izračunu dejanske pravilne razdalje ročnega spravila smo upoštevali naklon posamezne ureditvene enote in na ta način izračunali poševno razdaljo na terenu.

Kategorije ročnega spravila lesa so bile določene na osnovi reliefa, naklona terena in kamnitosti:

- kategorija 1 - ugodno: površje je kamnito do 25 % površine, relief je gladek do valovit ali jarkast do grebenast;
- kategorija 2 - srednje ugodno: kamnitost je večja kot 25 % in manjša kot 50 %, relief je gladek do valovit ali jarkast do grebenast, naklon terena je večji ali enak 35 °;
- kategorija 3 – neugodno: relief stopničast do skokovit ali kamnitost večja kot 49 % ali naklon terena manjši kot 35 °.

Normativi ročnega spravila lesa so ločeni na ročno spravilo na kratke razdalje (do 200 m) in ročno spravilo na dolge razdalje (od 200 do 500 m).

Preglednica 8: Enačbe za izračunavanje osnovnega normativa ročnega spravila

Table 8: Equations for basic norms of manual skidding calculations

Vrsta spravila	Kategorija	Normativi ročnega spravila lesa (min/t)
Dolge razdalje	1	$NT_s = 29,3 + 15,6 \cdot VLA$
Dolge razdalje	2	$NT_s = 36,0 + 16,6 \cdot VLA$
Dolge razdalje	3	$NT_s = 48,4 + 21,7 \cdot VLA$
Kratke razdalje	1	$NT_s = 28,6 + 15,2 \cdot VLA$
Kratke razdalje	2	$NT_s = 37,1 + 14,8 \cdot VLA$
Kratke razdalje	3	$NT_s = 48,1 + 22,6 \cdot VLA$

(Vir: Uredba o koncesiji ..., 2010.)

...(16)

6.2.2 Stroški prevoza

Pri stroških prevoza lesa smo upoštevali stroške vzdrževanja gozdnih cest in stroške zaradi trajne izgube rastne površine, ki nastopajo z gradnjo gozdne ceste. Povečanja stroškov vožnje kot posledice podaljšanja prevoznih razdalj na račun novogradnje gozdnih cest nismo upoštevali, ker so ti stroški v primerjavi z drugimi relativno majhni (Potočnik, 2004). Neposredni stroški gradnje gozdnih cest niso bili izračunani, posredno pa se je strošek gradnje gozdnih cest upošteval pri utemeljevanju posamezne načrtovane trase gozdne ceste.

6.2.2.1 Stroški gradnje gozdnih cest

Pri načrtovanju gradnje gozdnih cest je strošek gradnje zaradi omejenih sredstev prav gotovo odločilen dejavnik. Pri analizi stroškov pretekle gradnje gozdnih cest lahko ugotovimo, da so rezultat načrtovane dinamike in prostorske razporeditve gradnje gozdnih cest. V interesu po ohranjanju podeželja so se v obdobju intenzivne gradnje gozdnih cest v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja prvenstveno gradile gozdne ceste z namenom odpiranja kmetij in zaselkov. Prav tako je bila prioriteta gradenj na manj zahtevnih terenih, kjer so bili pričakovani gradbeni stroški manjši. To je tudi ustrezalo vedno omejenemu obsegu razpoložljivih sredstev za gradnjo gozdnih cest. Skupen obseg gradenj se je povečeval tudi na račun kvalitete gradenj gozdnih cest, kar se danes odraža v višjih skupnih stroških vzdrževanja omrežja gozdnih cest (Hribernik, 2004). Analiza stroškov gradnje iz tistega obdobja na ta način ne odraža prave slike povprečnih stroškov gradnje gozdnih cest. Dejansko potrebna sredstva za gradnjo gozdnih cest lahko tako ugotavljamo zgolj na gozdnih cestah z izdanim

uporabnim dovoljenjem, kar dejansko predstavlja zaključeno gradnjo v skladu s projektom.

Gradnja gozdne ceste je naložba posebne vrste, saj cesta ni tipično osnovno sredstvo in to povzroča dileme pri obračunu amortizacije. V prvi vrsti nastopa problem v zvezi z dolžino amortizacijske dobe, saj se gozdna cesta v praksi nikoli fizično ne zavrže, temveč se z ukrepi tekočega in periodičnega vzdrževanja ohranja njena nosilna sposobnost in s tem osnovna vrednost naložbe. Za razliko od današnjih naložb v gradnjo gozdnih cest je bila gradnja obstoječega omrežja gozdnih cest v preteklosti posebna oblika naložb. Gradnja gozdnih cest je bila izvedena po sistemu vzajemnosti in večinoma financirana s pomočjo sistemskih sredstev, ki so bila zagotovljena z dajatvami od posekanega in prodanega lesa. Gozdne ceste so se vodile kot specifično osnovno sredstvo brez življenjske dobe, zato se v kalkulacijah stroškov omrežja gozdnih cest amortizacija ni upoštevala.

Naslednji problem je povezan z lastništvom gozdne ceste, ki v večini primerov ni geodetsko odmerjena in s tem ostaja del gozda. Obračunana amortizacija bi na ta način pripadala investitorju, ki je v večini primerov tudi lastnik gozda, preko katerega cesta poteka. Obračun amortizacije po posameznih lastnikih bi bil mogoč zgolj v primeru velikih gozdnih posesti, v primeru razdrobljene gozdne posesti pa praktično nemogoč. V praksi se v zvezi z gozdnimi cestami izvaja zgolj zbiranje sredstev za vzdrževanje, ki so jih na podlagi uredbe o pristojbini za vzdrževanje gozdnih cest (Uredba o pristojbini ..., 1994) pod določenimi pogoji dolžni plačevati lastniki gozdov. Zaradi naštetih značilnosti amortizacija v ekonomskih utemeljitvah pri izračunu stroškov obstoječega omrežja gozdnih cest ne bo upoštevana. Pri stroških obstoječega omrežja gozdnih cest so tako upoštevani letni stroški tekočega in periodičnega vzdrževanja gozdnih cest ter stroški zaradi trajnih izgub prirastka.

6.2.2.1.1 Neposredni stroški gradnje gozdnih cest

Neposrednih stroškov gradnje gozdnih cest v raziskavi nismo izračunavali, ker so zelo variabilni in pod vplivom številnih dejavnikov. Posredno smo stroške gradnje gozdnih cest upoštevali v modelu zgoščevanja gozdnih cest. Osnovna zahteva ekonomske utemeljitve gradnje je namreč zmanjšanje stroškov spravila lesa, ki presega povečanje stroškov vzdrževanja gozdnih cest in stroškov zaradi trajne izgube rastne površine. Samo v tem primeru je možno stroške gradnje gozdne ceste v določenem času povrniti. Pri tem je višina letnih prihrankov eden izmed temeljev za ekonomsko presojo načrtovane gradnje gozdne ceste.

6.2.2.1.2 Stroški zaradi trajne izgube rastne površine

Stroški zaradi trajne izgube rastne površine so izračunani na osnovi izračunane površine cestnega telesa novozgrajene gozdne ceste in povprečnega vrednostnega prirastka gozda. V primeru manjše izgube vrednostnega prirastka je negativen vpliv teh stroškov na nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest manjši, hkrati pa je manjši tudi interes za gradnjo ceste zaradi proizvodnih dejavnikov. Problem določitve vrednostnega prirastka gozda smo rešili z uporabo katastrskih dohodkov za gozd po posameznih katastrskih razredih (Lestvice katastrskega dohodka ..., 2012) in z opredeljenimi površinami gozda po posameznih katastrskih razredih v katastrskem okraju Črna (Šegel, 2000). Katastrski dohodek je pavšalna ocena dohodka, ki ga je v gozdarski proizvodnji ob specifičnih naravnih danostih, prevladujoči strukturi proizvodnje oziroma načinu rabe zemljišč in v danem ekonomskem okolju mogoče doseči z rabo, opredeljeno s posamezno katastrsko kulturo. V praksi se zaradi tega katastrski dohodek uporablja kot nadomestilo informacije o dejanskem dohodku v gozdarstvu in v kmetijstvu, še posebej v zasebnem sektorju.

Na podlagi zakona o ugotavljanju katastrskega dohodka (Ur. l. 25/2005) je dohodek od rastlinskih pridelkov opredeljen kot denarna vrednost povprečnega pridelka oziroma povprečnega prirastka lesne mase, ki se doseže na 1 ha zemljiške površine pri običajnem načinu gospodarjenja po odbitku povprečnih materialnih stroškov. Dohodek od rastlinskih pridelkov se ugotavlja od gozdov in gozdnih plantaž po povprečnem prirastku lesne mase na 1 ha površine in po sestavi sortimentov po vrstah drevja.

Za vsak katastrski okraj je določena lestvica katastrskega dohoda, razčlenjena po razredih za vsako posamezno katastrsko kulturo. V raziskavi so bili uporabljeni podatki o katastrskih dohodkih za leto 2010 (Lestvice katastrskega dohodka ..., 2012), pridobljeni na spletni strani Geodetske uprave Republike Slovenije.

Preglednica 9: Lestvice katastrskega dohodka gozda za leto 2010

Table 9: Scale of forest cadastral income for year 2010

Katastrski razred	Katastrski dohodek (€/ha)
1	50,96
2	28,95
3	18,34
4	12,51
5	7,56
6	5,00
7	0
8	0

6.2.2.2 Stroški vzdrževanja gozdnih cest

Stroške vzdrževanja gozdnih cest predstavljajo stroški tekočega letnega in zimskega vzdrževanja ter stroški periodičnega vzdrževanja gozdnih cest. Z ukrepi tekočega letnega vzdrževanja se ohranja nosilna sposobnost gozdnih cest, z ukrepi periodičnega vzdrževanja pa je predvidena obnova nosilne sposobnosti gozdnih cest v časovni periodi med pet in osem let. Ukrepi tekočega zimskega vzdrževanja so namenjeni zagotavljanju prevoznosti gozdnih cest v zimskem času. Načrtovani ukrepi in potreben obseg del za izvedbo posamezne vrste vzdrževanja gozdnih cest je podan v metodologiji za izračun povprečnih vzdrževalnih stroškov, ki je sestavni del uredbe o pristojbini za vzdrževanje gozdnih cest (Uredba o pristojbini ..., 1994). Vrsta in obseg del sta načrtovana ob predpostavki, da je bila gradnja gozdnih cest ustrezno načrtovana, da so bile gozdne ceste v celoti zgrajene in da vzdrževanje gozdnih cest izvaja redno in v ustreznem obsegu del. Na tej osnovi je oblikovana metodologija za izračun povprečnih vzdrževalnih stroškov enega kilometra gozdnih cest. Izvedba vzdrževalnih del je pogojena tudi z razpoložljivimi sredstvi za vzdrževanje gozdnih cest. Viri sredstev za vzdrževanje gozdnih cest so sredstva iz pristojbine za vzdrževanje gozdnih cest (Uredba o pristojbini ..., 1994), sredstva iz proračuna Republike Slovenije (Pravilnik o financiranju ..., 2004) in lastna sredstva občine, katerih višina pa ni zakonsko opredeljena. Ne glede na dejanske potrebe po izvedbi vzdrževalnih del na gozdnih cestah (Hribernik, 2004) smo pri izračunu stroškov vzdrževanja upoštevali načrtovan obseg del za vzdrževanje enega kilometra gozdnih cest (Uredba o pristojbini ..., 1994) in cenik del izbranega izvajalca vzdrževanja gozdnih cest v občini Črna na Koroškem v letu 2008 (Cenik vzdrževalnih del ..., 2008).

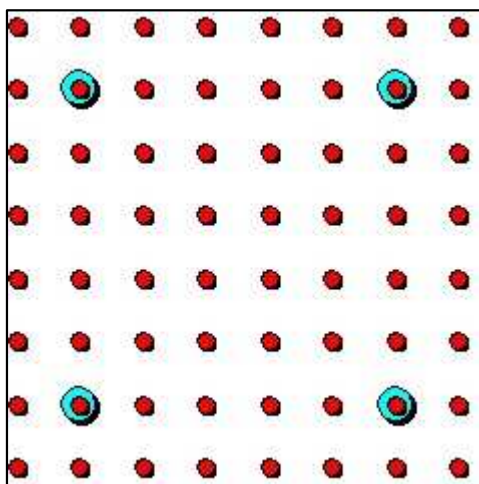
Vzdrževalna dela so bila za postavitev modela zgoščevanja omrežja gozdnih cest načrtovana ob predpostavki, da so gozdne ceste v celoti dograjene, vzdrževanje na njih pa se izvaja redno. Na območju raziskovanja bi bilo potrebno za vzpostavitev teh razmer zagotoviti dograditev gozdnih cest do stanja, ko bi tako načrtovana vzdrževalna dela zadoščala za redno letno vzdrževanje gozdnih cest (Hribernik, 2004).

6.3 OBLIKOVANJE MODELA RELIEFA

Za izračun terenskih značilnosti transportnogravitacijskih enot in za potrebe vrednotenja načrtovanih tras novogradenj gozdnih cest smo uporabili podatke **Digitalnega Modela Višin** – DMV (Digitalni model višin, 2010), ki jih sestavlja mreža točk z znano nadmorsko višino. V raziskavi smo uporabili podatke digitalnega modela višin DMV 5, DMV 12,5 in DMV 25 z medsebojno oddaljenostjo točk 5 m, 12,5 m in 25 m. Na osnovi točk smo s programom MAPINFO – VERTICAL MAPPER izdelali mreže točk (»grid«) za območje raziskovanja. Celotno območje raziskovanja je prekrito z 291.591 točkami DMV 25, v območju prekritim z gozdom pa je 221.620 točk. S programom MAPINFO – VERTICAL MAPPER smo izdelali 3D slike obravnavanega območja, preko katerih smo nato polagali dvodimenzionalne vektorske slike cest, odsekov in drugih tematik. Iz osnovne mreže smo v nadaljevanju izdelali karto naklonov, ki je v osnovi karta točk, tematsko obarvana na podlagi vrednosti naklona na vsaki posamezni točki. Točke z enakimi vrednostmi smo združili v polja, meje pa so bile določene pri vrednostih, ki so pomembna za načrtovanje gozdnih prometnic. Najprej smo izločili terene z nakloni do 12 %, ki predstavlja zgornjo mejo največjega dovoljenega naklona nivelete načrtovane gozdne ceste. Na teh terenih je možno načrtovati gradnjo tudi po padnicah. Naklon terena do 25 % pomeni omejitev za gradnjo gozdnih vlak v območju raziskovanja, kjer je talna podlaga iz mešane hribine in je malo občutljiva na erozijo (Pravilnik o gozdnih ..., 2009). Gradnjo gozdnih vlak je tu možno načrtovati v vseh smereh, vključno s padnicami. Nakloni terena do 50 % so primerni za gradnjo vlak in s tem za spravilo lesa s traktorjem. Nakloni terena do 70 % predstavljajo območja, ki so še primerna za gradnjo gozdnih cest s prevladujočim žičnim pravilom lesa. Nakloni terena nad 70 % in do 100 % so izločeni kot mejni nakloni, ki v krajših odsekih še dopuščajo gradnjo gozdnih prometnic. Nakloni terena nad 100 % pa so izločeni kot neprimerni za gradnjo gozdnih prometnic.

Izdelana karta nam je služila kot osnova za načrtovanje zgoščevanja omrežja gozdnih cest in pri načrtovanju odpiranja gozdov na podlagi obstoječega omrežja javnih cest. S prekrivanjem te tematske karte s karto transportnogravitacijskih enot smo dobili povprečen naklon posamezne enote. Pri tem smo uporabili orodje REGION INSPECTION v programu MAPINFO – VERTICAL MAPPER.

Pri načrtovanih trasah novogradenj gozdnih cest smo preverjali ustreznost vzdolžnih profilov in primernost za gradnjo gozdnih cest glede na naklon terena s pomočjo orodja CROSS SECTION v programu MAPINFO – VERTICAL MAPPER. Za večjo natančnost smo pri preverjanju detajlov uporabili digitalni model višin DMV 5, ki ima v primerjavi z DMV 25 bistveno večje število točk in s tem boljše pokrite detajle.



Slika 13: Primerjava DMV 5 in DMV 25

Figure 13: Comparisson of DMV 5 and DMV 25

Uporaba podatkov DMV 5 je omejena na ožje območje odpiranja posamezne gozdne ceste zaradi velikega števila točk, ki je z razpoložljivo opremo v programu MAPINFO ni bilo možno obdelati.

S prekrivanjem karte naklonov s karto osnovnih gozdnogospodarskih ureditvenih enot smo dobili povprečne naklone posamezne ureditvene enote s pomočjo orodja REGION INSPECTION v programu MAPINFO – VERTICAL MAPPER. Na ta način smo preverili osnovne podatke o naklonih terena, ki smo jih pridobili v gozdnogospodarskih načrtih in s tem preverili primernost ureditvenih enot za posamezno vrsto spravila lesa. Primerjava naklonov je narejena za površine pokrite z gozdom, kar je vezano na spravilo lesa.

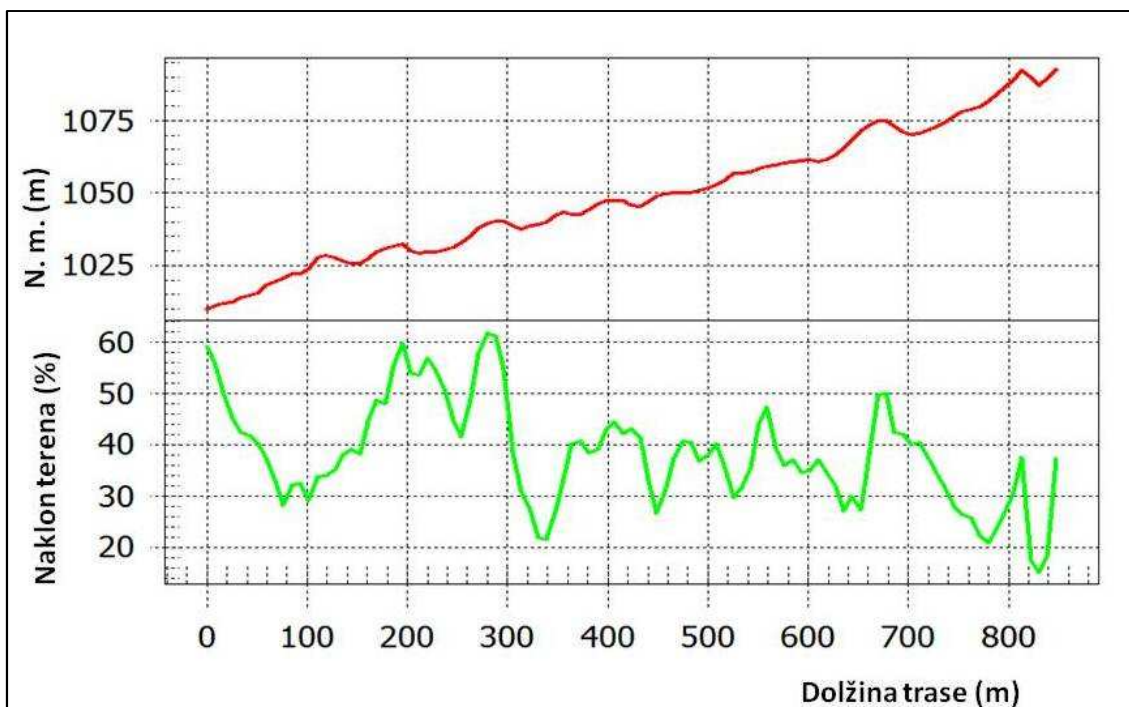
6.4 PRIMERJALNO ODPIRANJE Z GOZDNIMI CESTAMI

Primerjalno odpiranje z gozdnimi cestami je bilo narejeno na osnovi obstoječega omrežja javnih cest v objektu raziskovanja. Pri polaganju gozdnih cest so se upoštevale tehnične zahteve za gozdne ceste (Pravilnik o gozdnih ..., 2009) s katerimi je omejen največji vzdolžni naklon nivelete planuma na 12 %. V skladu s pravilnikom so

odstopanja navzgor sicer možna, vendar morajo biti posebej utemeljena v tehničnem poročilu. S pomočjo oblikovane karte naklonov smo prvenstveno načrtovali gozdne ceste v predelih, kjer so manjši nakloni terena.

Obstoječemu omrežju javnih cest smo najprej določili širino pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira glede na izračun minimalnih stroškov spravila in stroškov cest. Nadaljnja presoja je bila vezana na pravilne pogoje. V primeru spravila lesa s traktorjem se je načrtovala nova gozdna cesta v pasu nad obstoječo javno cesto zaradi težnje po spravilu lesa s traktorjem navzdol. V primeru spravila lesa z žičnico se je oblikovalo območje odpiranja z vseh javnih cest okoli izbranih ureditvenih enot, saj je s sodobnimi žičnimi napravami možno spravilo lesa navzgor in navzdol. Nove gozdne ceste so se nato načrtovale v območjih, ki so bila izven dosega javnih cest. Pri oblikovanju novega omrežja smo v določenih primerih uporabili posamezne gozdne ceste ali dele gozdnih cest iz obstoječega omrežja, če sta lega in naklon ustrezala opredeljenim pogojem.

Trase cest smo polagali ob pomoči izdelanega modela reliefa na osnovi točk DMV 25. Naklon nivelete posamezne načrtovane ceste smo sproti preverjali s pomočjo orodja CROSS SECTION, ki nam je podalo vertikalno lego ceste v prostoru in naklon terena v vsaki posamezni točki nivelete (slika 14).



Slika 14: Primer uporabe orodja CROSS SECTION pri načrtovanju gozdnih cest

Figure 14: An example of use of CROSS SECTION tools by forest road planning

Vzdolžni naklon načrtovane ceste je manjši kot 12 %, saj se cesta na 1.750 m dolžine dvigne za 160 m (slika 14). V spodnjem delu slike je prikazana še sprememba naklona terena vzdolž trase načrtovane ceste. Naklon terena je v mejah med 10 % in 31 % in s tega vidika je načrtovana gradnja gozdne ceste mogoča.

Uspešnost polaganja gozdnih cest v prostor smo dodatno utemeljili s koeficientom odprtosti (Lünzmann, 1968), ki smo ga opredelili kot razmerje med povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami na osnovi točk DMV in povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami, ki smo jih izračunali iz povprečne gostote omrežja cest. Povprečna teoretična pravilna razdalja od točk DMV do cest je pri tem izračunana kot najkrajša razdalja od posamezne točke DMV do najbližje ceste. Pri izračunu je upoštevano celotno omrežje produktivnih in spojnih cest. Primerjava je narejena med obstoječim in primerjalnim omrežjem gozdnih cest, pri tem pa ostaja omrežje javnih cest nespremenjeno.

6.5 UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA

Utemeljitev gradnje gozdnih cest na podlagi večnamenske vloge gozda je bila narejena na osnovi vrednotenja vlog gozda v območju raziskovanja. Prvo vrednotenje je bilo izvedeno v Črni na Koroškem 12. 02. 2009 z ekspertno skupino, ki jo je sestavljalo šest revirnih gozdarjev in gojitelj načrtovalec. Estetska in obrambna vloga gozda nista bili vrednoteni, ker na območju raziskovanja nista opredeljeni.

Analiza vlog gozda je bila izvedena po ureditvenih enotah, opredeljenih na karti vlog gozda (Karta vlog gozda ..., 2007a, Karta vlog gozda ..., 2007b). Vloge gozda so bile prostorsko opredeljene pri obnovah gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot Mežica (2000) in Črna - Smrekovec (2002) in so prikazane na kartah, ki jih vodi Zavod za gozdove Slovenije. Podatke s teh kart smo uporabili brez dodatnega preverjanja obstoječe prostorske opredelitve. Posamezne vloge gozda imajo glede na njihov vpliv na gospodarjenje z gozdom različno stopnjo poudarjenosti (Pravilnik o načrtih ..., 2010).

Preglednica 10: Vloge gozda in njihove stopnje poudarjenosti

Table 10: Forest roles and their significance degree

Vloga gozda	Stopnje poudarjenosti	Število stopenj poudarjenosti
Varovalna	1 – 2 – 3	3
Hidrološka	1 – 2 – 3	3
Klimatska	1 – 2 – 3	3
Biotopska	1 – 2 – 3	3
Zaščitna	1 – 2	2
Higiensko zdravstvena	1 – 2 – 3	3
Obrambna	1 – 2	2
Rekreacijska	1 – 2 – 3	3
Turistična	1 – 2 – 3	3
Varovanje naravne dediščine	1 – 2	2
Varovanje kulturne dediščine	1 – 2	2
Poučna	1 – 2 – 3	3
Raziskovalna	1	1
Estetska	1 – 2	2
Lesnoproizvodna	1 – 2 – 3 – 0	4
Druge gozdne dobrine	1	1
Lovnogospodarska	1	1

Za določitev teže posamezne vloge gozda smo uporabili metodo večkriterijskega odločanja, kakor jo je v svojih raziskavah uporabila Pezdevšek Malovrh (2010). Metoda določa težo posameznega dejavnika na podlagi metode parov. Razvil jo je T. L. Saaty (1994) in je poznana kot analitični hierarhični proces – AHP (Eastman, 1993). Posamezen kriterij je lahko glede na druge bolj ali manj pomemben oziroma enako pomemben. Razmerja so ovrednotena z vrednostnimi na kontinuirani lestvici za rangiranje parnih primerjav.

Preglednica 11: Lestvica za rangiranje parnih primerjav kriterijev

Table 11: The scale for evaluation of criteria pair comparisons

Intenzivnost pomembnosti a_{ij}	Definicija	Opis
1	Enaka pomembnost	Kriterija i in j sta enako pomembna
2	Rahla	
3	Šibka razlika pomembnosti	Kriterij i je rahlo pomembnejši od kriterija j
4	Srednja	
5	Velika razlika pomembnosti	Kriterij i je veliko pomembnejši od kriterija j
6	Zelo velika	
7	Močna razlika pomembnosti	Kriterij i je močno pomembnejši od kriterija j
8	Zelo močna	
9	Absolutna razlika pomembnosti	Kriterij i je absolutno pomembnejši od kriterija j

Recipročna vrednost zgoraj navedenih intenzivnosti pomembnosti pomeni, da je kriterij j pomembnejši od kriterija i za toliko, kolikor je vrednost imenovalca $\frac{1}{a_{ij}}$

Postopek večkriterijskega vrednotenja lahko matematično zapišemo kot množico kriterijev $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, kjer vsakemu od kriterijev x_i priredimo utež w_i . Razmerje uteži kriterijev x_i in x_j pa kot

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad \dots(17)$$

Na podlagi vrednosti posameznih delnih uteži je oblikovana matrika parnih primerjav A:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & & & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad \dots(18)$$

Matrika je kvadratna, pozitivna in recipročna. Diagonalne vrednosti matrike so enake 1, simetrične vrednosti pa inverzne:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad \dots(19)$$

Matriki A izračunamo lastne vrednosti λ (Zadnik Stirn, 2001).

$$\det(A - \lambda I) = 0 \quad \dots(20)$$

V primeru popolnoma usklajenih (konsistentnih) ocen, velja:

$$a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij} \quad \dots(21)$$

Največja lastna vrednost matrike A , ki je označena z $\lambda_{\max}$ in kjer je n razsežnost matrike A je:

$$\lambda_{\max} = n \quad \dots(22)$$

Uteži w_i vsake od vlog gozda izračunamo kot desni lastni vektor w , ki pripada največji lastni vrednosti $\lambda_{\max} = n$ z rešitvijo sistema enačb (Zadnik Stirn, 2001):

$$(A - nI) \cdot w = 0 ; \quad \dots(23)$$

kjer je

$$\sum_i w_i = 1 \quad ; \quad i = 1, \dots, n \quad \dots(24)$$

Z rešitvijo sistema enačb dobimo (Zadnik Stirn, 2001)

$$A \cdot w = n \cdot w \Rightarrow \sum_j a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \Rightarrow w_i = \frac{1}{n} \sum_j a_{ij} \cdot w_j \quad \dots(25)$$

Na osnovi $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ velja $\sum_i a_{ij} = \sum_i \frac{w_i}{w_j}$

Ob dejstvu, da je $w_j = \frac{1}{\sum_i a_{ij}}$ lahko pri konsistentnih ocenah relativnih pomembnosti

($\lambda_{\max} = n$) uteži izračunamo kot:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}} \quad \dots(26)$$

Vektor uteži, ki nam predstavlja uteži posameznih vlog gozda, smo izračunali s potenčno metodo s pomočjo programa MS 2007 - Excel. Matriko parnih primerjav smo potencirali na potenco 250. Zadovoljiva potenca matrike je tista, pri kateri, v primerjavi z naslednjo potenco izračunanega vektorja koristnosti w_i na štiri decimalna mesta natančno, ni več razlik (Saaty, 2003 b). Vektor uteži posameznih vlog gozda w_i smo izračunali z uporabo naslednje enačbe (Lipušček in sod., 2003)

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n a_{ij})} \quad \dots(27)$$

Konsistentnost matrike posameznega ocenjevalca smo preverili tako, da smo najprej izračunali največjo lastno vrednost, ki pripada izračunanemu lastnemu vektorju (Lipušček in sod., 2003):

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A \cdot w)_i}{w_i} \quad \dots(28)$$

Na podlagi razlike ($\lambda_{\max} - n$) je v matriki primerjav določena neskladnost ocen, ki je izražena z indeksom neskladnosti ali konsistence CI (Taha, 1997):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \dots(29)$$

Izračunan indeks neskladnosti CI se primerja z random indeksom RI, ki je podan v naslednji preglednici (Saaty, 2003 a)

Preglednica 12: Random indeks RI

Table 12: Random index RI

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

Na tej osnovi je izračunan indeks nekonsistentnosti ocen parnih primerjav:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \dots(30)$$

Matrika je konsistentna, če znaša indeks nekonsistentnosti $CR < 0,1$. V primeru nekonsistentnih matrik je potrebno ponovno vrednotenje vlog gozda, dokler ni dosežena zahtevana konsistentnost matrik ocenjevalcev.

Rezultate, ki smo jih izračunali s programom MS 2007 - Excel, smo preverili s pomočjo programa Expert Choice (Expert Choice11.5, 2012), ki je posebej prilagojen za računanje uteži posameznega kriterija na podlagi ocen pomembnosti posameznega kriterija po metodi parov. Izračunane vrednosti uteži po posameznih vlogah gozda in indeks nekonsistentnosti (CR) so bili pri izračunu s pomočjo obeh programov enaki.

Pri preverjanju ocen vrednotenja posameznega ocenjevalca smo ugotovili, da noben ocenjevalec ni podal usklajenih ocen, saj je bil indeks konsistentnosti pri vseh prevelik ($CR > 0,10$). Potreben je bil drugi krog vrednotenja, ki je bil izveden 12. 10. 2009 in 26. 10. 2009. Pri tem vrednotenju so se z vsakim ocenjevalcem posebej usklajevale tiste ocene, ki so se kazale kot nekonsistentne. Po drugem usklajevanju smo dosegli konsistentnost vseh ocenjevalcev ($CR < 0,10$).

Zaradi različnih zalog vrednosti posameznih vlog gozda smo standardizirali intervale zalog posameznih vlog, hkrati pa vzpostavili pozitivno korelacijo med posamezno vlogo in gradnjo gozdne ceste.

Preglednica 13: Standardizirane vrednosti posameznih vlog gozda v odnosu do gradnje gozdnih cest

Table 13: Standardized values of forest roles in relation to the forest roads construction

Vloga gozda	Stopnje poudarjenosti	Standardizirana vrednost
Varovalna	1 – 2 – 3	1 – 10 – 20
Hidrološka	1 – 2 – 3	1 – 10 – 20
Klimatska	1 – 2 – 3	5 – 10 – 20
Biotopska	1 – 2 – 3	1 – 10 – 20
Zaščitna	1 – 2	1 – 10
Higiensko zdravstvena	1 – 2 – 3	1 – 10 – 20
Rekreacijska	1 – 2 – 3	5 – 10 – 20
Turistična	1 – 2 – 3	5 – 10 – 20
Dediščinsko varstvena	1 – 2	1 – 10
Poučna	1 – 2 – 3	5 – 10 – 20
Raziskovalna	1	1
Lesnoproizvodna	1 – 2 – 3 – 0	20 – 10 – 5 – 1
Druge gozdne dobrine	1	20
Lovnogospodarska	1	5

Izbran interval standardiziranih vrednosti vplivov gradnje gozdne ceste na posamezne vloge je med ena in dvajset. Vrednost ena predstavlja najmanj ugoden vpliv gradnje gozdne ceste na posamezno vlogo gozda, vrednost dvajset pa najbolj ugoden vpliv. Pri proizvodnih vlogah je višja stopnja poudarjenosti vloge, ki je opredeljena s stopnjo ena, po standardizaciji opredeljena z vrednostjo dvajset. Podobna je tudi standardizacija socialnih vlog. Odnos okoljskih vlog do gradnje gozdnih cest je bolj spremenljiv in v osnovi negativen. V primeru, ko gradnja ceste močno negativno vpliva na posamezno okoljsko vlogo, je določena standardizirana vrednost ena, v primeru minimalnega vpliva pa je določena vrednost dvajset.

Primernost posamezne ureditvene enote za gradnjo gozdne ceste je podana z vsoto produkta uteži in standardiziranih vrednosti posameznih vlog. Višja vrednost pri tem predstavlja bolj primerne lokacije za gradnjo gozdne ceste. Izračunane vrednosti po posameznih ureditvenih enotah se v območju raziskovanja gibljejo v intervalu med 7,91 in 15,49 in ta razpon smo razdelili na štiri razrede z enako širino razreda.

Ureditvene enote smo glede na primernost za gradnjo gozdnih cest razdelili v štiri skupine:

- neprimerne: vrednosti točkovanja pod 9,81;
- manj primerne: vrednosti točkovanja od 9,81 do 11,70;
- primerne: vrednost točkovanja od 11,71 do 13,60;
- najbolj primerne: vrednost točkovanja 13,61 ali več.

Na tej osnovi je bila izdelana tematska karta, ki ob upoštevanju relativnega pomena analiziranih vlog gozda kaže primerna področja za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest.

6.6 UTEMELJITEV RABE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA

Oblikovano karto primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest smo uporabili kot podlago za odločanje o omejitvi rabe obstoječega omrežja gozdnih cest. Primernost rabe posameznega odseka gozdne ceste je opredeljena s primernostjo ureditve enote, preko katere gozdna cesta poteka. Primernost rabe gozdne ceste kot celote je izračunana kot tehtana sredina primernosti posameznih odsekov gozdnih cest in njihovih dolžin.

Omejitev rabe gozdnih cest je načrtovana na tistih odsekih gozdnih cest, ki so opredeljeni kot neprimerni za javno rabo in ne odpirajo kmetij in zaselkov.

Primernosti rabe gozdnih cest na osnovi večnamenske vloge gozda smo uporabili tudi za primerjavo načrtovanih in obstoječih zapor gozdnih cest.

6.7 ŠTUDIJ PRIMERA

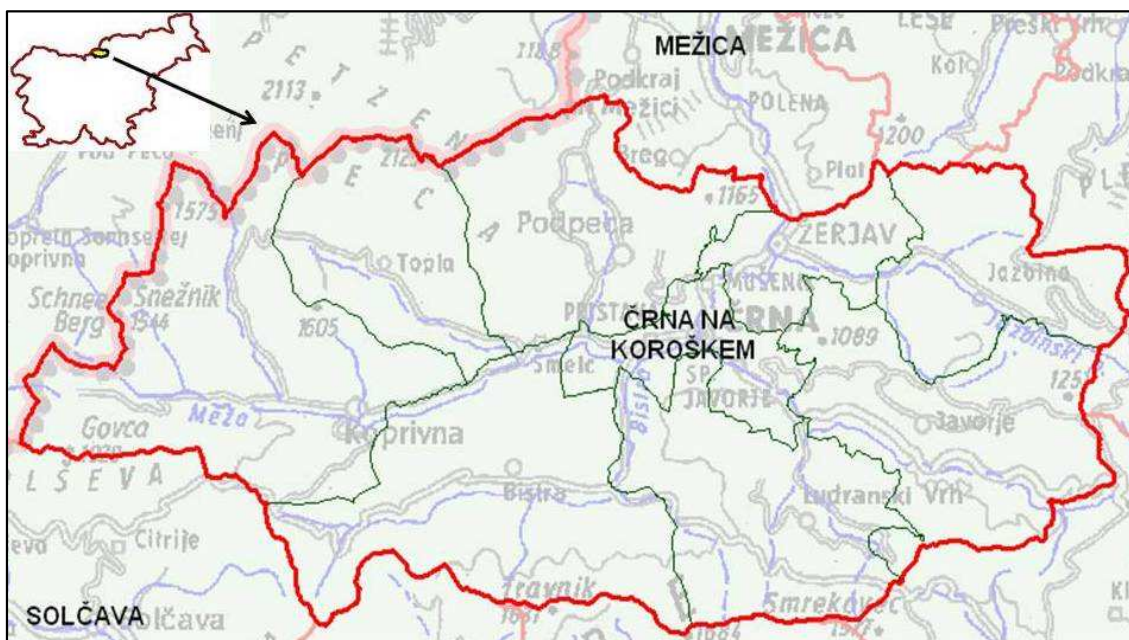
S študijem primera smo preverili uporabnost novega pristopa k zgoščevanju obstoječega omrežja gozdnih cest. Na izbranem področju, kjer je zgoščevanje gozdnih cest ekonomsko utemeljeno, smo opredelili več različnih variant zgoščevanja omrežja gozdnih cest. Različne variante odpiranja gozda smo podrobno proučili in utemeljili na osnovi:

- ekonomske presoje (zmanjšanja teoretičnih pravičnih razdalj in stroškov spravila lesa);
- tehnološke presoje (uporaba digitalnega modela višin in karte naklonov terena na načrtovanih trasah);

- presoje na osnovi večnamenske vloge gozda obravnavanega območja (točkovanja posamezne variante odpiranja na osnovi izdelane karte primernosti za gradnjo gozdnih cest).

7 OBJEKT RAZISKOVANJA

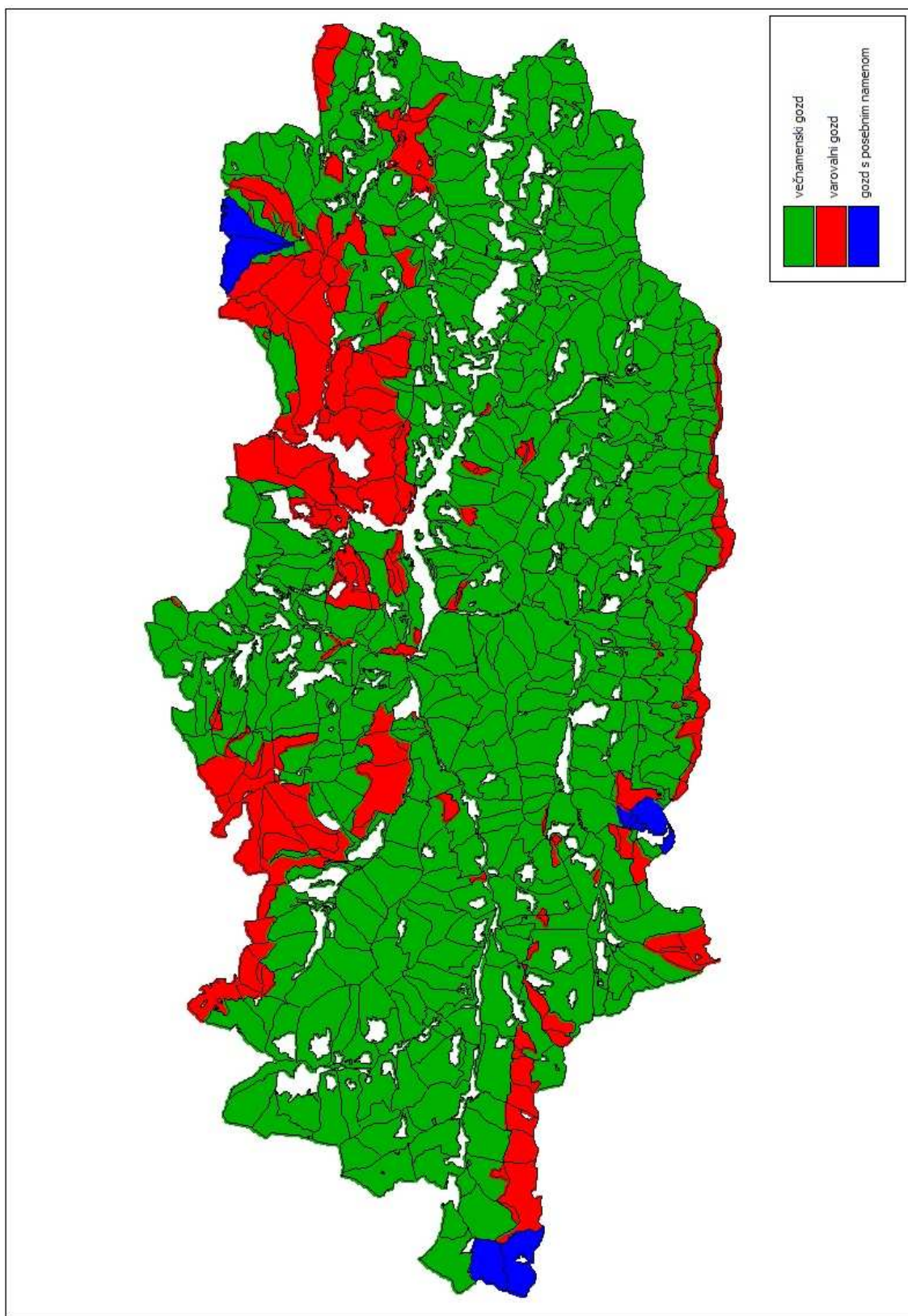
Objekt raziskovanja je območje občine Črna na Koroškem z obstoječim omrežjem gozdnih cest. Večina prebivalstva občine živi v naseljih Črna in Žerjav, okolica je sorazmerno redko poseljena s celki, ki pa so s cestnim omrežjem dobro povezani. Na ta način so z možnostjo dnevnih migracij na delo in v šolo v preteklosti ohranjali podeželje živo. Posledica takšnega odpiranja gozda je večja skupna gostota omrežja gozdnih cest in neenakomerna odprtost po posameznih transportnogravitacijskih območjih. Dediščina pretekle gradnje so tudi visoki stroški za vzdrževanje in potrebe po dokončanju gradnje gozdnih cest (Hribernik, 2004).



Slika 15: Geografska lega območja raziskovanja

Figure 15: Geographical site of researched area

Po podatkih gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarske enote Mežica z ureditvenim obdobjem od leta 2000 do leta 2009 in gozdnogospodarske enote Črna – Smrekovec, z ureditvenim obdobjem od leta 2002 do leta 2011 (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007b, Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007a), je skupna površina celotnega območja raziskovanja 15.590 ha. Z gozdom je pokritih 13.607 ha oziroma gozdnatost občine je 87,3 %. Od skupne površine gozdov je 2.386 ha varovalnih gozdov in 223 ha gozdov s posebnim namenom (Kneži pašnik, Bela peč, Govca, Zadnji travnik, Suški travnik in Macigoj). Površina večnamenskih gozdov je 10.997 ha.



Slika 16: Kategorije gozdov v območju raziskovanja

Figure 16: Forest categories in researched area

Na podlagi katastra gozdnih cest (Kataster gozdnih cest ..., 2007a, Kataster gozdnih cest ..., 2007b) je v območju raziskovanja evidentirano 421,9 km cest.

Preglednica 14: Struktura cestnega omrežja območju raziskovanja

Table 14: Structure of roads network in researched area

Vrsta	Dolžina (km)
Gozdne ceste	304,1
Lokalne ceste	58,2
Regionalne ceste	30,2
Ceste v naselju	1,3
Priključki do hiš in kmetij	28,1
Skupaj	421,9

7.1 POVRŠINE GOZDOV IN NAČRTOVANI POSEK

Načrtovan desetletni posek v območju raziskovanja predstavlja del načrtovanega poseka v gozdnogospodarski enoti Mežica (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007b) in načrtovani posek v gozdnogospodarski enoti Črna – Smrekovec v celoti (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007a).

Preglednica 15: Načrtovan posek po gozdnogospodarskih enotah

Table 15: Planned cut according to forest management units

Gozdnogospodarska enota	Iglavci (m ³)	Listavci (m ³)	Skupaj (m ³)
Mežica	189.210	15.365	204.575
Črna – Smrekovec	260.870	39.780	300.650
Skupaj	450.080	55.145	505.225

Posek lesa je načrtovan v večnamenskih gozdovih, v varovalnih pa je predvidena zgolj nujna sanitarna sečnja zaradi preprečitve širjenja škodljivih dejavnikov (bolezni, podlubniki) z intenziteto 0,21 m³/ha/leto. Posek v gozdovih s posebnim namenom ni predviden.

Preglednica 16: Načrtovani posek po kategorijah gozdov

Table 16: Planned cut according to forest categories

Gozdnogospodarska enota	Večnamenski gozdovi (m ³ /ha)	Varovalni gozdovi (m ³ /ha)	Skupaj (m ³ /ha)
Mežica	189.210	15.365	204.575
Črna – Smrekovec	260.870	39.780	300.650
Skupaj	450.080	55.145	505.225

Pri obstoječem omrežju gozdnih cest in pravilnih pogojih je na območju raziskovanja možno spravilo lesa s traktorjem in žičnico, v določenih predelih pa je zaradi prevelike oddaljenosti prometnic potrebno ročno predpravilo lesa. Vrsta spravila lesa je bila opredeljena na podlagi naklonov terena, opredeljenih v gozdnogospodarskih načrtih (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007a, Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2007b).

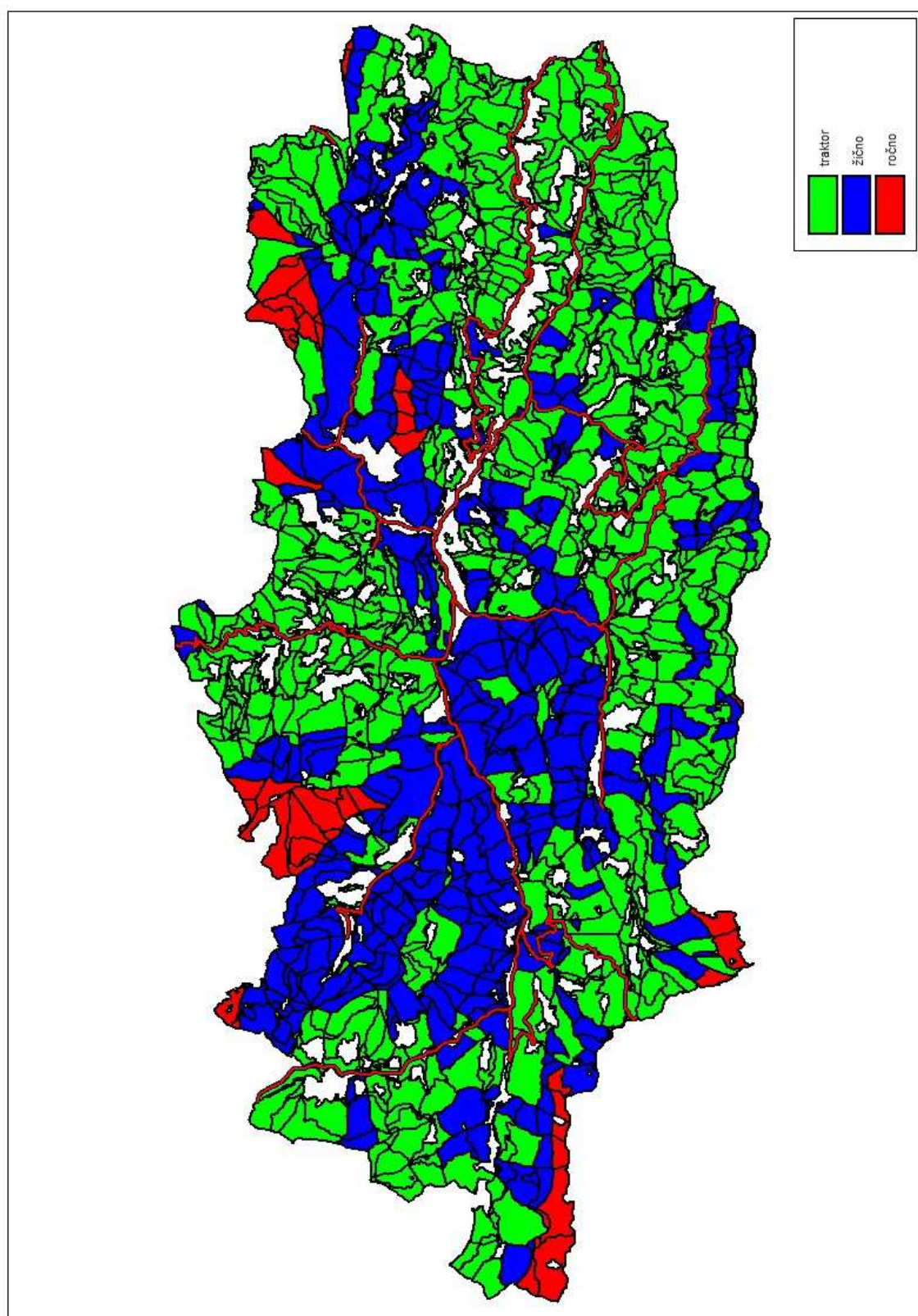
V območju raziskovanja je 58,3 % površin gozdov primernih za spravilo lesa s traktorjem, nadaljnjih 41,7 % površin je primernih za spravilo lesa z žičnico, na preostalih 4,3 % površine pa je potrebno ročno predpravilo lesa (Slika 17).

Preglednica 17: Načrtovani posek po vrstah spravila lesa

Table 17: Planned cut by skidding types

Vrsta	Največji možen posek (m ³)	Delež (%)	Intenziteta (m ³ /ha/leto)
Traktorsko spravilo	347.667	68,82	4,38
Žično spravilo	153.357	30,35	3,11
Ročno spravilo	4.201	0,83	0,58
Skupaj	505.225	100,0	4,55

V ureditvenih enotah s traktorskim spravilom lesa je načrtovana višja intenziteta poseka (Preglednica 17), kar je posledica lažje dostopnosti in s tem pogojene večje intenzivnosti gospodarjenja. V ureditvenih enotah z žičnim spravilom lesa je intenziteta poseka manjša, saj so zaradi večjih naklonov terena manj ugodni rastiščni pogoji. V ureditvenih enotah z ročnim spravilom gre večinoma za posek v varovalnih gozdovih.

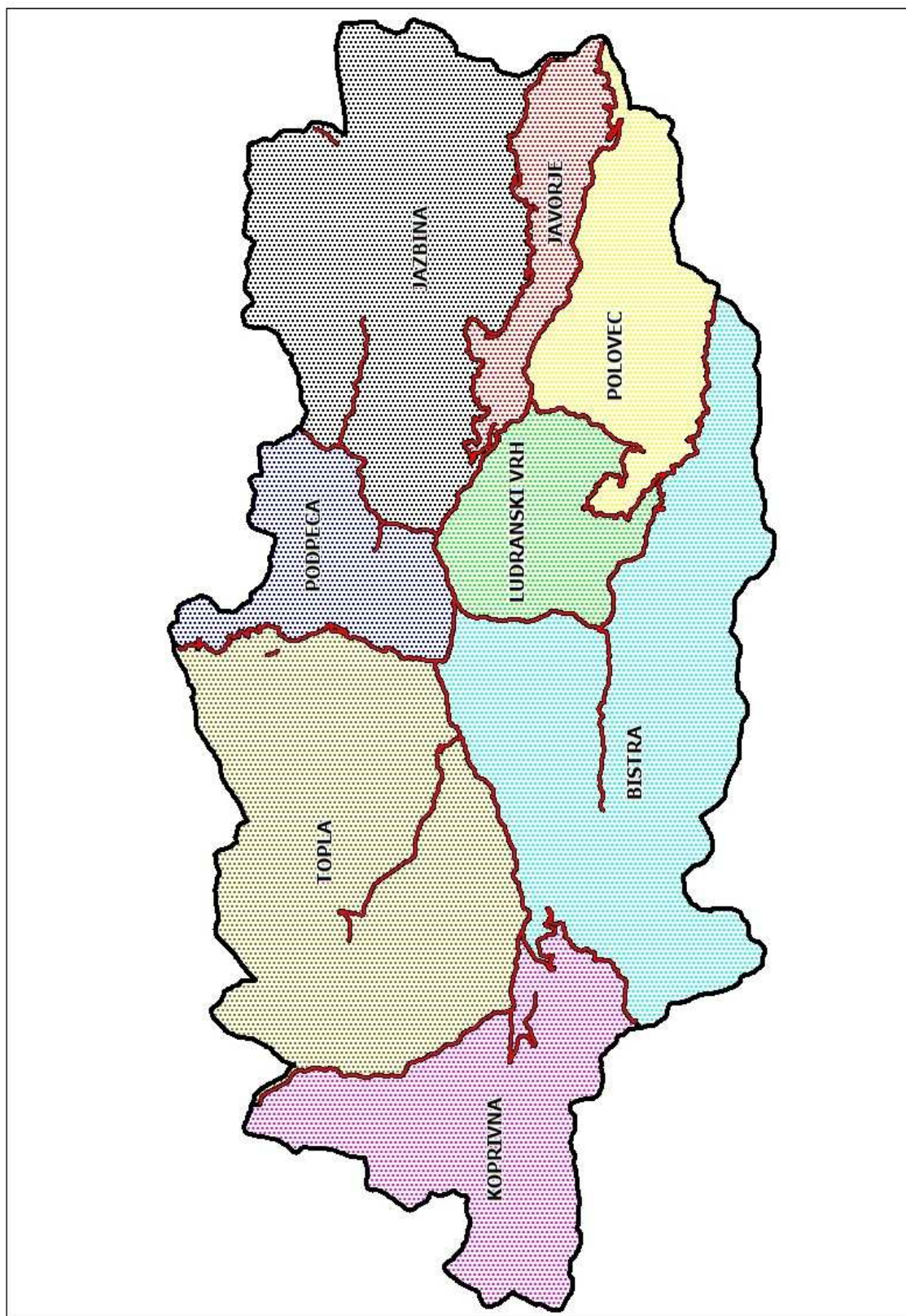


Slika 17: Vrste spravila lesa glede na naklon terena

Figure 17: Types of skidding by slope of terrain

7.2 ZNAČILNOSTI TRANSPORTNOGRAVITACIJSKIH ENOT

Pri obnovah gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot Mežica in Črna - Smrekovec so bili odseki glede na možnosti spravila lesa razporejeni po transportnogravitacijskih enotah (TGE). V raziskavi smo tako opredeljene enote prilagodili obstoječemu omrežju javnih cest, ki smo ga v nadaljnjih raziskavah uporabili kot osnovo za primerjalno odpiranje gozda z gozdnimi cestami. Na ta način smo oblikovali 8 transportnogravitacijskih enot, ki so gravitacijsko zaključene celote in med sabo ločene z javnimi cestami (Slika 18).



Slika 18: Transportnogravitacijske enote v območju raziskovanja

Figure 18: Transportation gravitational units in researched area

Preglednica 18: Vrste gozdov po transportnogravitacijskih enotah

Table 18: Forest types by transportation gravitational units

Transportno-gravitacijska enota	Večnamenski gozd (ha)	Varovalni gozd (ha)	Gozd s posebnim namenom (ha)	Skupaj (ha)
Jazbina	1.509,45	1.010,99	83,21	2.603,65
Javorje	493,64	2,02	0	495,66
Polovec	1.228,65	0	0	1.228,65
Ludranski vrh	818,22	31,76	0	849,98
Bistra	2.844,05	237,22	42,67	3.123,94
Koprivna	1.313,42	213,84	97,60	1.624,86
Topla	2.211,38	623,09	0	2.834,47
Podpeca	577,85	267,51	0	845,36
Skupaj	10.996,66	2.386,43	223,48	13.606,57

Preglednica 19: Načrtovani posek po transportnogravitacijskih enotah

Table 19: Planned cut by transportation gravitational units

Transportno-gravitacijska enota	Večnamenski gozd (m ³)	Varovalni gozd (m ³)	Skupaj (m ³)
Jazbina	59.194	330	59.524
Javorje	21.802	0	21.802
Polovec	65.164	0	65.164
Ludranski vrh	33.682	365	34.047
Bistra	142.333	1.285	143.618
Koprivna	59.998	264	60.262
Topla	92.711	1.712	94.423
Podpeca	25.277	1.108	26.385
Skupaj	500.161	5.064	505.225

Sorazmerno velikosti transportnogravitacijskih enot je največji možen skupni posek v transportnogravitacijski enoti Bistra, najmanjši pa v transportnogravitacijski enoti Javorje.

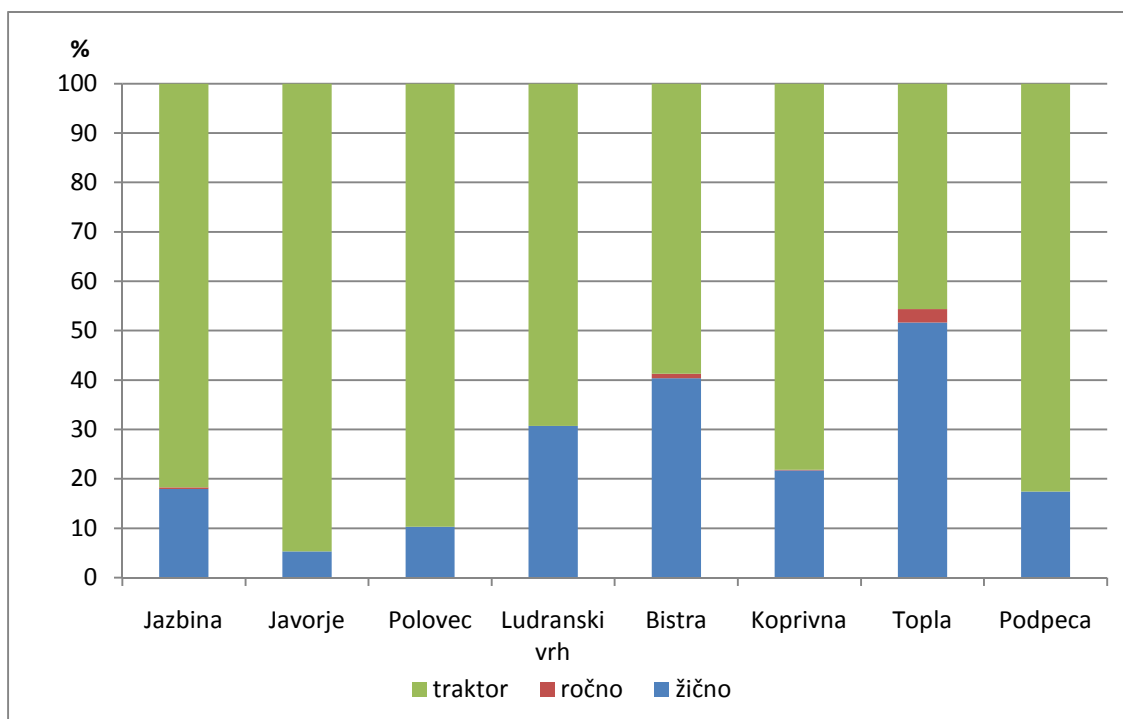
Pomembnejša za nadaljnje načrtovanje zgoščevanja omrežja gozdnih cest je intenziteta načrtovanega poseka, ki jo poleg naravnih danosti pogojujejo tudi pravilne značilnosti posameznih enot.

Preglednica 20: Lesne zaloge in načrtovani posek v večnamenskih gozdovih po transportnogravitacijskih enotah

Table 20: Growing stock and planned cut in multipurpose forests by transportation gravitational units

Transportno-gravitacijska enota	Možen posek (m ³ /ha/leto)	Lesna zaloga (m ³ /ha)		
		Iglavci	Listavci	Skupaj
Jazbina	3,92	215,51	34,55	250,06
Javorje	4,42	272,11	43,25	315,36
Polovec	5,30	348,41	44,59	393,00
Ludranski vrh	4,12	264,52	62,19	326,71
Bistra	5,00	308,73	70,19	378,92
Koprivna	4,57	291,15	31,56	322,72
Topla	4,19	246,23	19,57	265,81
Podpeca	4,37	213,48	26,69	240,17
Skupaj	4,55	269,34	41,72	311,06

Največja intenziteta možnega letnega poseka je načrtovana v transportnogravitacijski enoti Polovec, kjer je tudi lesna zaloga največja. Najmanjša intenziteta sečenj je predvidena v transportnogravitacijski enoti Jazbina, ki ima hkrati tudi najnižjo povprečno lesno zalogo. Načrtovan posek in intenziteta sta pomembna kriterija pri nadaljnjem ekonomskem utemeljevanju zgoščevanja omrežja gozdnih cest.



Slika 19: Načrtovan posek po vrstah spravila lesa in transportnogravitacijskih enotah

Figure 19: Planned cut by skidding types and by transportation gravitational units

Delež traktorskega spravila je največji v transportnogravitacijskih enotah Javorje (94,72 %) in Polovec (89,69 %), hkrati tu ni potrebno ročno spravilo lesa. Delež žičnega spravila je največji v transportnogravitacijski enoti Topla (51,62 %), ki je tudi reliefno bolj razgibana. V tej enoti je zaradi dolgih povprečnih teoretičnih pravilnih razdalj znaten delež (2,74 %) ročnega spravila lesa.

Pri načrtovanju omrežja gozdnih cest so pomemben dejavnik reliefne značilnosti, predvsem pa nakloni terena, ki v osnovi omogočajo oziroma preprečujejo gradnjo gozdnih cest. Povprečne vrednosti naklonov terena po transportnogravitacijskih enotah so pridobljene s pomočjo točk digitalnega modela višin in so bile izračunane s pomočjo orodja VERTICAL MAPPER v programu MAPINFO. Vrednosti predstavljajo povprečne naklone gozdnih površin (preglednica 21).

Preglednica 21: Terenske značilnosti transportnogravitacijskih enot

Table 21: Terrain characteristics of transportation gravitational units

Transportno-gravitacijska enota	Povprečen naklon terena (%)			
	Večnamenski gozd	Varovalni gozd	Gozd s posebnim namenom	Skupaj
Jazbina	44	51	49	47
Javorje	38	53		38
Polovec	40			40
Ludranski vrh	46	55		47
Bistra	48	53	39	48
Koprivna	44	65	64	48
Topla	47	64		51
Podpeca	42	60		47
Skupaj	45	57	54	47

Z vidika naklonov terena sta najzahtevnejši transportnogravitacijski enoti Bistra in Topla, najbolj primerni za nadaljnjo gradnjo gozdnih cest pa enoti Javorje in Polovec.

8 REZULTATI RAZISKOVANJA

8.1 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

8.1.1 Gozdnogospodarske značilnosti objekta raziskovanja

8.1.1.1 Stroški spravila lesa

Stroški spravila lesa skupno in po posameznih vrstah spravila lesa so prikazani v preglednici 22. Strošek na enoto je izračunan na osnovi načrtovanih količin lesa za posek v ureditvenem obdobju po gozdnogospodarskih enotah (Mežica in Črna – Smrekovec) in izračunanih skupnih stroškov po posameznih vrstah spravila lesa.

Preglednica 22: Skupni stroški po vrstah spravila lesa

Table 22: Total costs by skidding types

Vrsta	Največji možen posek (m ³)	Skupaj stroški (€)	Strošek na enoto (€/m ³)
Traktorsko spravilo	345.472	1.887.247	5,46
Žično spravilo	151.699	2.011.686	13,26
Ročno spravilo	2.984	102.396	34,31
Skupaj	500.155	4.001.329	8,00

Glede na opredeljene cene dela in predvidene količine poseka je strošek na enoto pri spravilu lesa s traktorjem najnižji. Strošek spravila lesa z žičnico je višji zaradi drugačne organizacijske oblike in zaradi daljših pravilnih razdalj. Strošek ročnega spravila lesa je največji zaradi majhnih učinkov, dolgih pravilnih razdalj in kombinacije ročnega predspravila in žičnega spravila lesa.

Preglednica 23: Stroški spravila lesa po transportnogravitacijskih enotah

Table 23: Wood skidding costs by transportation gravitational units

Transportno-gravitacijska enota	Možen posek (m ³)	Skupni stroški spravila (€)	Povprečni stroški spravila (€/m ³)
Jazbina	59.194	416.257	7,03
Javorje	21.802	121.499	5,57
Polovec	65.164	385.438	5,91
Ludranski vrh	33.682	259.004	7,69
Bistra	142.330	1.269.963	8,92
Koprivna	59.996	437.205	7,29
Topla	92.710	935.443	10,09
Podpeca	25.277	176.521	6,98
Skupaj	500.155	4.001.330	8,00

Z vidika stroškov spravila lesa sta najbolj neugodni transportnogravitacijski enoti Topla in Bistra, saj predstavljata po površini 46 % vseh večnamenskih gozdov, stroški spravila v teh dveh enotah pa predstavljajo kar 55 % vseh stroškov spravila lesa. Stroški so deloma pogojeni z značilnostmi terena, v pretežni meri pa z gostoto omrežja gozdnih cest in njihovo razporeditvijo v prostoru.

8.1.1.2 Stroški vzdrževanja gozdnih cest

Skupni letni stroški tekočega in periodičnega vzdrževanja na območju objekta raziskovanja znašajo 738,58 €/km gozdnih cest (preglednica 24 in preglednica 25) in so bili upoštevani pri nadaljnjih ekonomskih utemeljitvah zgoščevanja omrežja gozdnih cest.

Preglednica 24: Vrste in obseg del tekočega letnega vzdrževanja 1 km gozdne ceste

Table 24: Types and size of annual forest road maintenance works of 1 km forest road

Vrsta dela	Enota	Obseg	Cena na enoto (€)	Strošek (€/km)
Strojno vzdrževanje vozišča – profiliranje z grederjem brez navoza materiala	h	5,76	53,35	307,30
Ročno čiščenje dražnikov	h	1,20	11,11	13,33
Čiščenje brežin z motorno žago	h	0,20	14,61	2,92
Priprava ceste za zimsko vzdrževanje – delavec	h	0,40	11,11	4,44
Pluženje snega – kamion s plugom	h	0,06	41,62	2,50
Zimsko posipavanje vozišča – kamion s peskom	h	0,08	34,29	2,74
SKUPAJ				323,23

Preglednica 25: Vrste in obseg del periodičnega vzdrževanja 1 km gozdne ceste

Table 25: Types and size of periodical forest road maintenance works of 1 km forest road

Vrsta dela	Enota	Obseg	Cena na enoto (€)	Strošek (€/km)
Nabava posipnega materiala	m ³	54,00	8,89	480,06
Nakladanje – bager	h	6,48	0,00*	0,00
Prevoz materiala – kamion	h	47,50	38,34	1.821,15
Razgrinjanje posipnega materiala – greder	h	2,80	53,35	149,38
Profiliranje vozišča – greder	h	3,60	53,35	192,06
Komprimiranje vozišča – valjar	h	18,00	33,34	600,12
SKUPAJ				3.242,77

* V nabavni ceni posipnega materiala je poleg stroška gramoza všteti tudi strošek nakladanja.

Izvedba periodičnega vzdrževanja je načrtovana vsakih 8 let (Uredba o pristojbini ..., 1994) zato znaša letni strošek periodičnega vzdrževanja 405,35 €/km gozdnih cest.

8.1.1.3 Stroški trajne izgube rastne površine

Strošek zaradi trajne izgube rastne površine, ki smo ga izračunali na osnovi povprečnega katastrskega dohodka 1 ha gozdne površine (Lestvice katastrskega dohodka ..., 2012), znaša v območju raziskovanja 10,65 €/ha/leto (preglednica 26).

Preglednica 26: Povprečni katastrski dohodek (KD) gozda v letu 2010

Table 26: Average forest cadastral income (KD) in year 2010

Katastrski razred	KD (€/ha)	Površina (ha)	Skupaj KD (€)
1	50,96	0,00	0,00
2	28,95	17,81	515,61
3	18,34	1.229,99	22.558,08
4	12,51	6.760,81	84.577,73
5	7,56	4.425,19	33.454,40
6	5,00	1.582,72	7.643,61
Skupaj		13.962,52	148.749,43

Povprečen katastrski dohodek gozda v območju raziskovanja znaša 10,65 €/ha. Pri širini cestnega telesa 10 m je izguba rastne površine na kilometer gozdne ceste 1 ha, zato smo izračunano vrednost 10,65 € upoštevali pri izračunu stroškov prevoza na kilometer.

8.1.2 Analiza obstoječega omrežja gozdnih cest

Na podlagi katastra gozdnih cest (Kataster gozdnih cest ..., 2007a, Kataster gozdnih cest ..., 2007b) je v območju raziskovanja evidentiranih 421,9 km cest.

Preglednica 27: Struktura cestnega omrežja v območju raziskovanja

Table 27: Structure of road network in researched area

Vrsta	Dolžina (km)	Gostota (m/ha)
Gozdne ceste	304,1	19,51
Lokalne ceste	58,2	3,73
Regionalne ceste	30,2	1,94
Ceste v naselju	1,3	0,08
Priključki do hiš in kmetij	28,1	1,80
Skupaj	421,9	27,06

Povprečna odprtost območja raziskovanja znaša 27,06 m/ha in je višja kot izračunana povprečna odprtost gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec, ki znaša 26,22 m/ha (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega ..., 2012).

Preglednica 28: Struktura omrežja prometnic po produktivnosti

Table 28: Road network structure by productivity

Vrsta	Produktivne ceste (m/ha)	Spojne ceste (m/ha)	Skupaj (m/ha)
Gozdne ceste	17,62	0,76	18,38
Lokalne ceste	3,26	0,36	3,61
Regionalne ceste	1,56	0,35	1,91
Ceste v naselju	0,02	0,02	0,04
Priključki do hiš in kmetij	0,19	0,14	0,33
Skupaj	22,65	1,63	24,28

V nadaljnjih analizah so upoštevane produktivne ceste, ki poleg prevoza omogočajo tudi spravilo lesa na cesto. Zaradi različnega značaja gozdov v obravnavanem območju je v naslednji preglednici prikazana gostota produktivnih cest po kategorijah gozdov. Pri izračunu gostote je upoštevana skupna dolžina produktivnih cest in površina gozdov po posameznih kategorijah gozdov (Preglednica 18).

Preglednica 29: Struktura omrežja produktivnih cest po kategorijah gozdov

Table 29: Productive road network structure by types of forest

Produktivne ceste	Večnamenski gozd (m/ha)	Varovalni gozd (m/ha)	Gozd s posebnim namenom (m/ha)	Negozdne površine (m/ha)
Gozdne ceste	21,92	10,79	3,44	4,83
Lokalne ceste	3,20	6,75	0,00	0,97
Regionalne ceste	0,98	6,73	0,00	0,08
Ceste v naselju	0,08	0,95	0,00	0,10
Priključki do hiš in kmetij	0,00	0,16	0,00	0,00
Skupaj	26,18	25,38	3,44	5,98

Gostota produktivnih cest v večnamenskih gozdovih je odvisna od pravilnega sredstva, ki ga je pri spravilu lesa možno uporabiti (preglednica 30).

Preglednica 30: Primerjava gostote omrežja produktivnih cest v odvisnosti od vrste spravila lesa

Table 30: Comparisson of productive forest roads density by wood skidding types

Vrsta	Gozdne ceste (m/ha)	Javne ceste (m/ha)	Skupaj (m/ha)
Traktorsko spravilo	25,49	5,05	30,54
Žično spravilo	14,50	3,32	17,82
Skupaj	21,91	4,48	26,40

V skladu s pričakovanji je gostota omrežja gozdnih cest v ureditvenih enotah, kjer je predvideno spravilo lesa s traktorjem, večja kot v ureditvenih enotah, kjer je predvideno žično spravilo lesa.

Za boljši prikaz dejanske odprtosti večnamenskih gozdov v območju raziskovanja smo izračun odprtosti gozdov naredili še po transportnogravitacijskih enotah.

Preglednica 31: Gostota omrežja cest po transportnogravitacijskih enotah

Table 31: Road network density by transportation gravitational units

Transportno-gravitacijska enota	Gostota produktivnih gozdnih cest (m/ha)	Gostota produktivnih javnih cest (m/ha)	Skupaj produktivnih kamionskih cest (m/ha)
Jazbina	29,39	3,37	32,76
Javorje	12,91	13,37	26,28
Polovec	28,86	3,72	32,58
Ludranski vrh	20,30	6,57	26,87
Bistra	20,95	6,97	27,92
Koprivna	19,06	5,29	24,35
Topla	21,84	3,38	25,22
Podpeca	24,58	4,75	29,33
Skupaj	21,92	4,26	26,18

Največja odprtost večnamenskih gozdov s produktivnimi cestami je v transportnogravitacijski enoti Jazbina, kjer skupna gostota produktivnih gozdnih in javnih cest znaša 32,76 m/ha. Najslabša je odprtost v transportnogravitacijski enoti Koprivna, kjer znaša skupna gostota 24,35 m/ha.

Preglednica 32: Primerjava teoretičnih pravilnih razdalj

Table 32: Comparisson of theoretical skidding distances

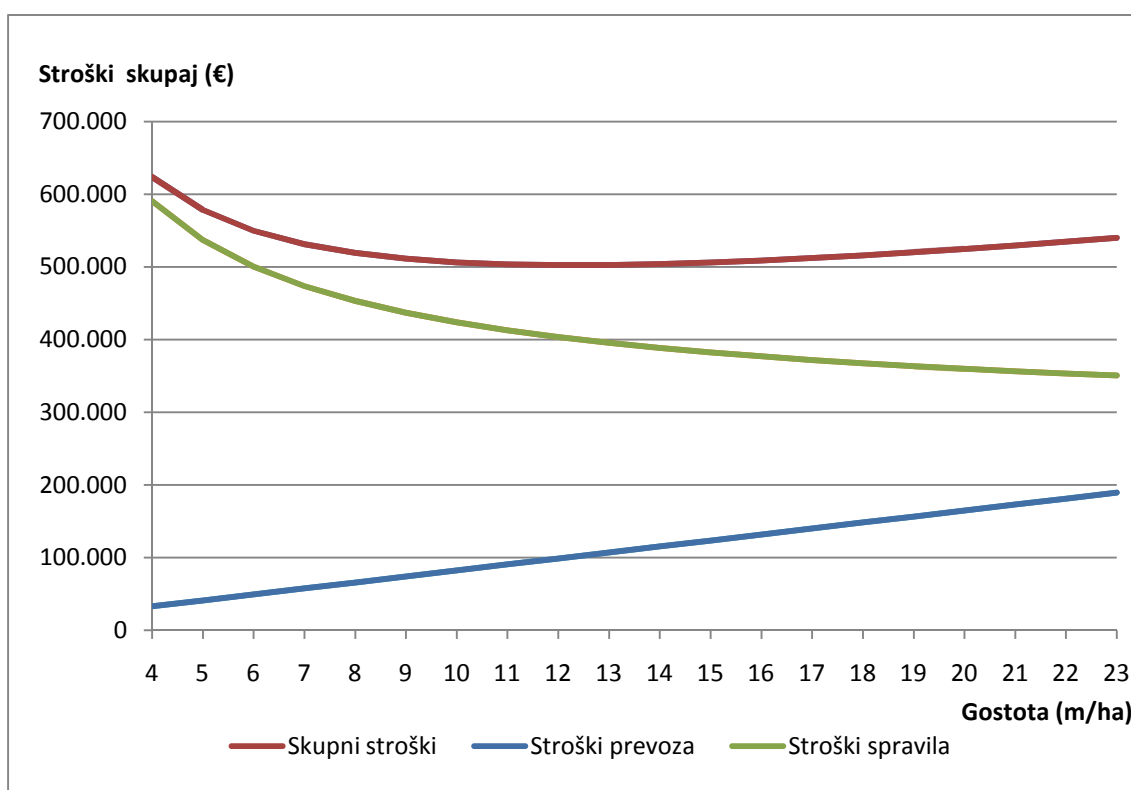
Transportno-gravitacijska enota	Teoretična pravilna razdalja DMV (m)	Teoretična pravilna razdalja $e/4$ (m)	Koeficient odprtosti K_e
Jazbina	198,32	76,31	2,60
Javorje	172,90	95,13	1,82
Polovec	164,55	76,73	2,14
Ludranski vrh	183,03	93,04	1,97
Bistra	209,48	89,54	2,34
Koprivna	203,60	102,67	1,98
Topla	220,54	99,13	2,22
Podpeca	190,91	85,24	2,24
Skupaj	199,34	95,49	2,09

Ugotovljena razmerja med povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami (K_e) so pomemben dejavnik pri odločanju o nadaljnjem zgoščevanju omrežja gozdnih prometnic.

8.2 EKONOMSKA UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST

Pri ekonomski utemeljitvi gradnje gozdnih cest smo iskali najmanjše skupne stroške prevoza in spravila lesa. Na tej osnovi je izračunana optimalna gostota omrežja gozdnih cest in optimalna širina pasu, ki ga naj posamezna gozdna cesta odpira.

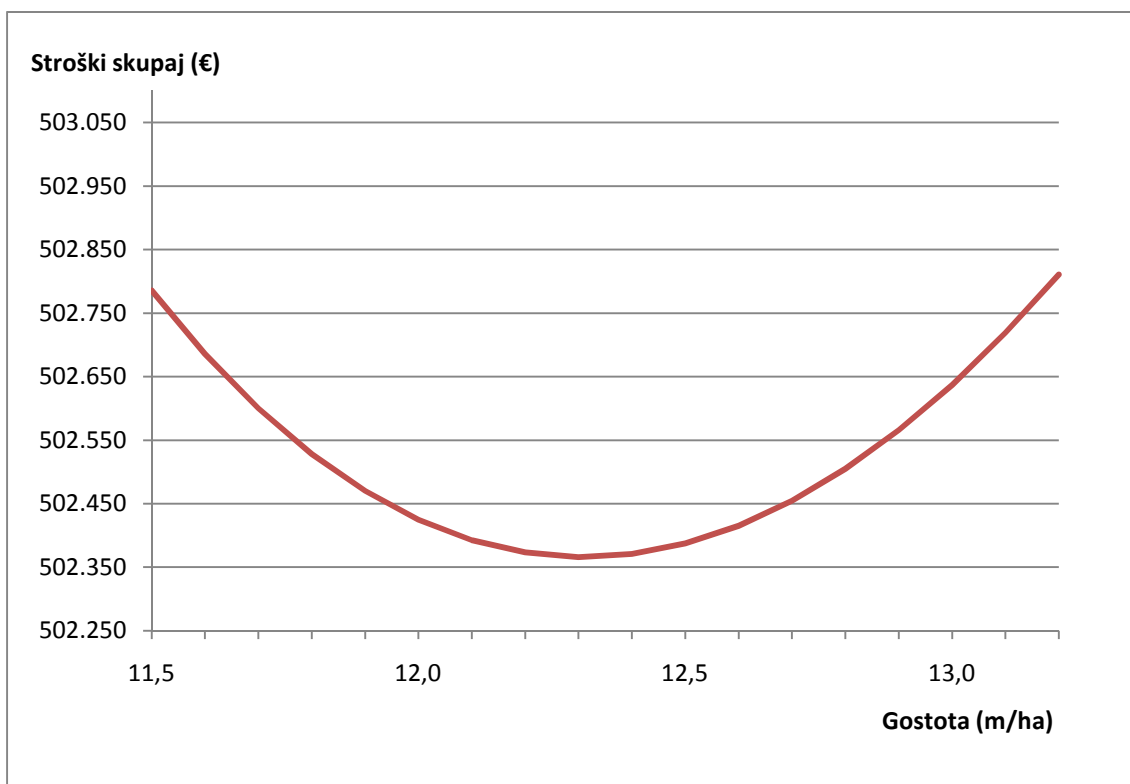
Z gostitvijo omrežja gozdnih cest stroški spravila lesa padajo, vendar hkrati hitro naraščajo stroški prevoza (slika 20). Na obravnavanem območju pri danih pogojih nastopajo najmanjši skupni stroški pri gostotah omrežja gozdnih cest okoli 12 m/ha.



Slika 20: Skupni stroški spravila in prevoza

Figure 20: Total costs of skidding and transport

Za podroben izračun optimalne gostote omrežja gozdnih cest je narejena podrobna analiza stroškov spravila lesa in stroškov prevoza pri gostoti omrežja gozdnih cest okoli 12 m/ha.



Slika 21: Podrobna analiza skupnih stroškov spravila in prevoza

Figure 21: Detail analysis of total skidding and transport costs

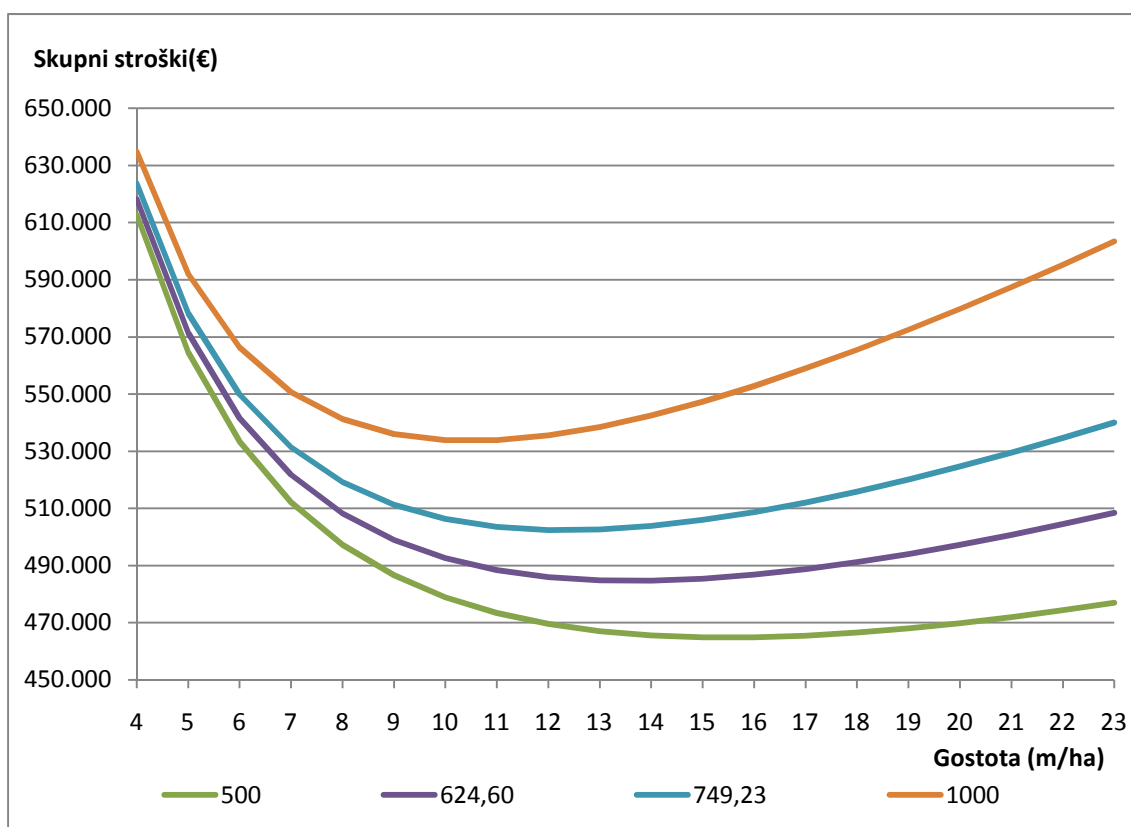
S podrobno analizo smo ugotovili minimalne skupne stroške prevoza in spravila lesa na obravnavanem območju pri gostoti gozdnih cest 12,31 m/ha. Širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta odpira, je v tem primeru 812,35 m, povprečna teoretična spravilna razdalja pa 203,09 m.

Višina stroškov spravila lesa je odvisna od vrste spravila lesa. Najmanjši skupni stroški spravila in prevoza nastopajo v odvisnosti od vrste spravila lesa pri različnih gostotah omrežja gozdnih cest. Zaradi prepletanja različnih vrst spravila znotraj posamezne transportnogravitacijske enote in v objektu raziskovanja kot celoti, izračuni najmanjših skupnih stroškov po posameznih vrstah spravila niso bili narejeni.

Pri iskanju najmanjših skupnih stroškov spravila in stroškov prevoza smo preverili vpliv variiranja skupne količine načrtovanega poseka, višine stroškov za vzdrževanje gozdnih cest in bonifikacij za spravilo lesa na izračun optimalne gostote omrežja gozdnih cest.

Stroške prevoza, ki smo jih v raziskavi upoštevali, predstavljajo izračunani letni stroški vzdrževanja gozdnih cest (738,58 €/km) in stroški zaradi trajne izgube prirastka (10,65 €/km). Izračunani stroški prevoza tako znašajo 749,23 €/km/leto. Pri variiranju

stroškov prevoza smo v nadaljevanju upoštevali različno višino stroškov vzdrževanja gozdnih cest, variiranja stroškov zaradi trajne izgube rastne površine pa nismo upoštevali. Strošek prevoza 624,60 €/km/leto je razlika med izračunanimi stroški prevoza in sredstvi za vzdrževanje gozdnih cest, ki jih občina Črna na Koroškem dobi glede na opredeljen delež javne rabe gozdnih cest iz proračuna Republike Slovenije (Proračun občine Črna ..., 2010). Višina sofinanciranja je določena na podlagi deleža javne rabe gozdnih cest po posameznih lokalnih skupnostih in je vrednostno opredeljeno s Pravilnikom o spremembi in dopolnitvi pravilnika o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove 2010). Glede na to, da so ta sredstva pridobljena zaradi javne rabe gozdnih cest, smo pri primerjalnem izračunu upoštevali, da je potrebno s sredstvi iz gozdne proizvodnje zagotavljati 624,60 €/km za pokrivanje letnih stroškov prevoza na kilometer gozdnih cest. Vrednosti stroškov prevoza 500 € in 1000 € sta bili upoštevani kot primerjalni vrednosti zaradi ponazoritve vpliva stroškov vzdrževanja gozdnih cest na izračun optimalne gostote omrežja gozdnih cest.



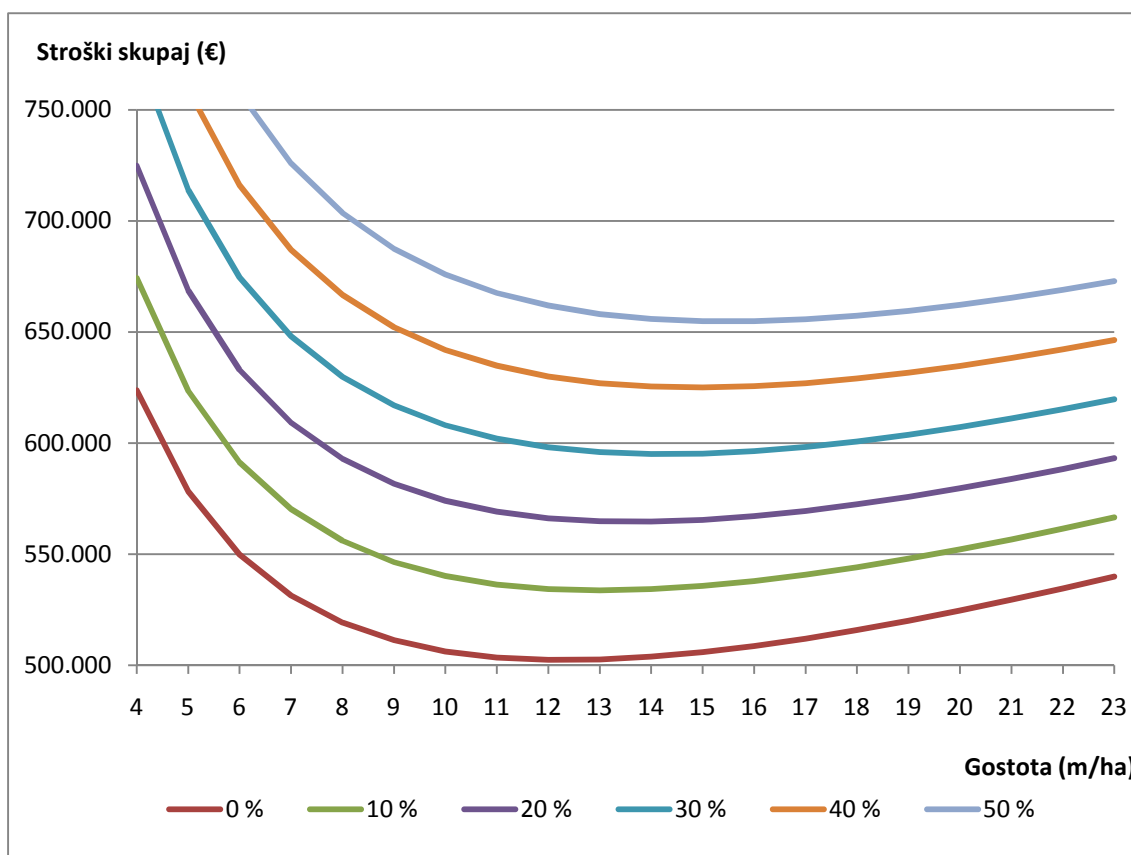
Slika 22: Vpliv višine stroškov prevoza na skupne stroške

Figure 22: Influence of transport costs height on total costs

Iz grafikona je razvidna odvisnost optimalne gostote omrežja gozdnih cest od višine stroškov prevoza. Z zmanjševanjem stroškov vzdrževanja gozdnih cest, ki predstavljajo

večino stroškov prevoza, nastopajo najmanjši skupni stroški prevoza in spravila lesa pri višjih gostotah omrežja gozdnih cest. Pri letnih stroških prevoza 749,23 € je optimalna gostota omrežja gozdnih cest 12,31 m/ha, pri letnih stroških prevoza 624,60 €/km je optimalna gostota omrežja gozdnih cest 13,63 m/ha, pri letnih stroških prevoza 500 €/km pa nastopajo najmanjši skupni stroški pri gostoti omrežja gozdnih cest 15,46 m/ha.

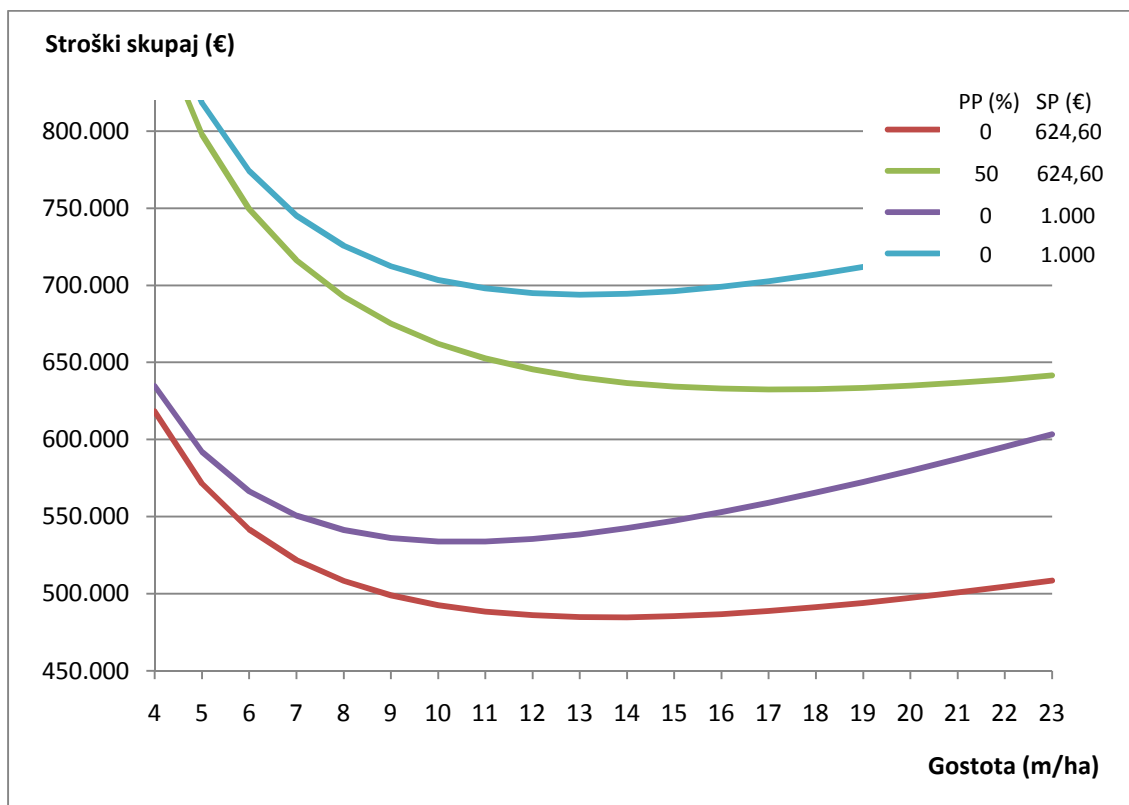
Ob obnovah gozdnogospodarskih načrtov gozdnogospodarskih enot prihaja do sprememb največjih možnih posekov po ureditvenih enotah. Ob obnovi načrta gozdnogospodarske enote Mežica z obdobjem veljavnosti od 1. 1 2010 do 31. 12. 2019 se je največji skupni možen posek v enoti povečal iz 266.175 m³ na 410.555 m³ oziroma za 54 %. Dvig največjega možnega poseka v gozdnogospodarski enoti Črna - Smrekovec je glede na usmeritve gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec prav tako pričakovan.



Slika 23: Vpliv višine povečanja načrtovanega poseka na skupne stroške

Figure 23: Influence of planned cut height increase on total costs

Optimalna gostota omrežja je pri obstoječih stroških cestnega omrežja in stroških spravila lesa pri obstoječem največjem možnem poseku 12,31 m/ha. Z večanjem največje skupne količine lesa za posek se najmanjši skupni stroški spravila lesa in omrežja gozdnih cest pojavljajo pri višjih gostotah cest. Pri povišanju načrtovane količine lesa za posek za 20 % znaša optimalna gostota 13,63 m/ha, pri povišanju za 50 % pa 15,47 m/ha.



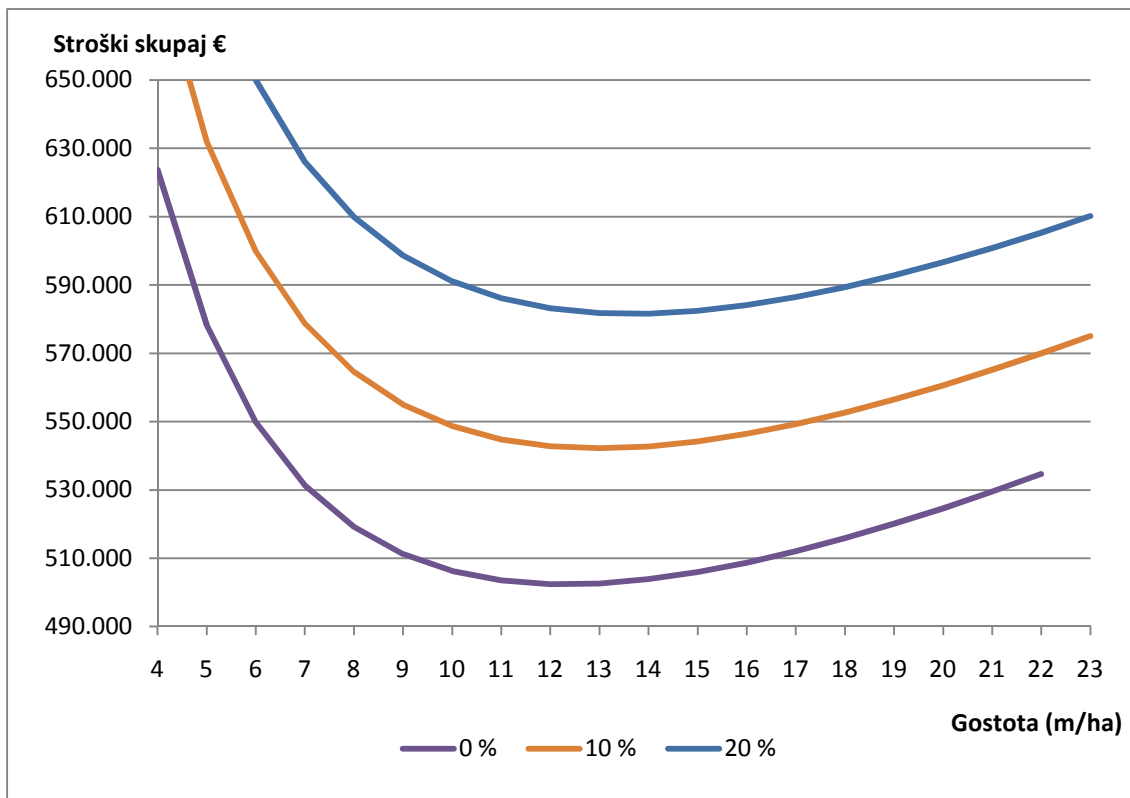
Slika 24: Vpliv povečanja načrtovanega poseka (PP) in stroškov prevoza (SP) na skupne stroške

Figure 24: Influence of planned cut increase (PP) and transport costs (SP) on total costs

Najmanjši skupni stroški prevoza in spravila ob variiranju stroškov vzdrževanja gozdnih cest in povečevanju največjega možnega poseka nastopajo v mejah med 10,49 m/ha (pri nespremenjeni količini največjega možnega poseka in stroških prevoza 1.000 €/km) in 17,16 m/ha (pri povečanju največjega možnega poseka za 50 % in stroških prevoza 624,60 €/km).

Na stroške spravila lesa vplivajo tudi bonifikacije spravila lesa, ki jih pri osnovnih izračunih stroškov spravila lesa nismo upoštevali.

Stroški spravila lesa se ob upoštevanju osnovnih bonifikacij lahko povečajo. Izračuni najmanjših skupnih stroškov spravila in prevoza so narejeni pri povečanju osnovnih normativov časa za 0 %, 10 % in 20 %.

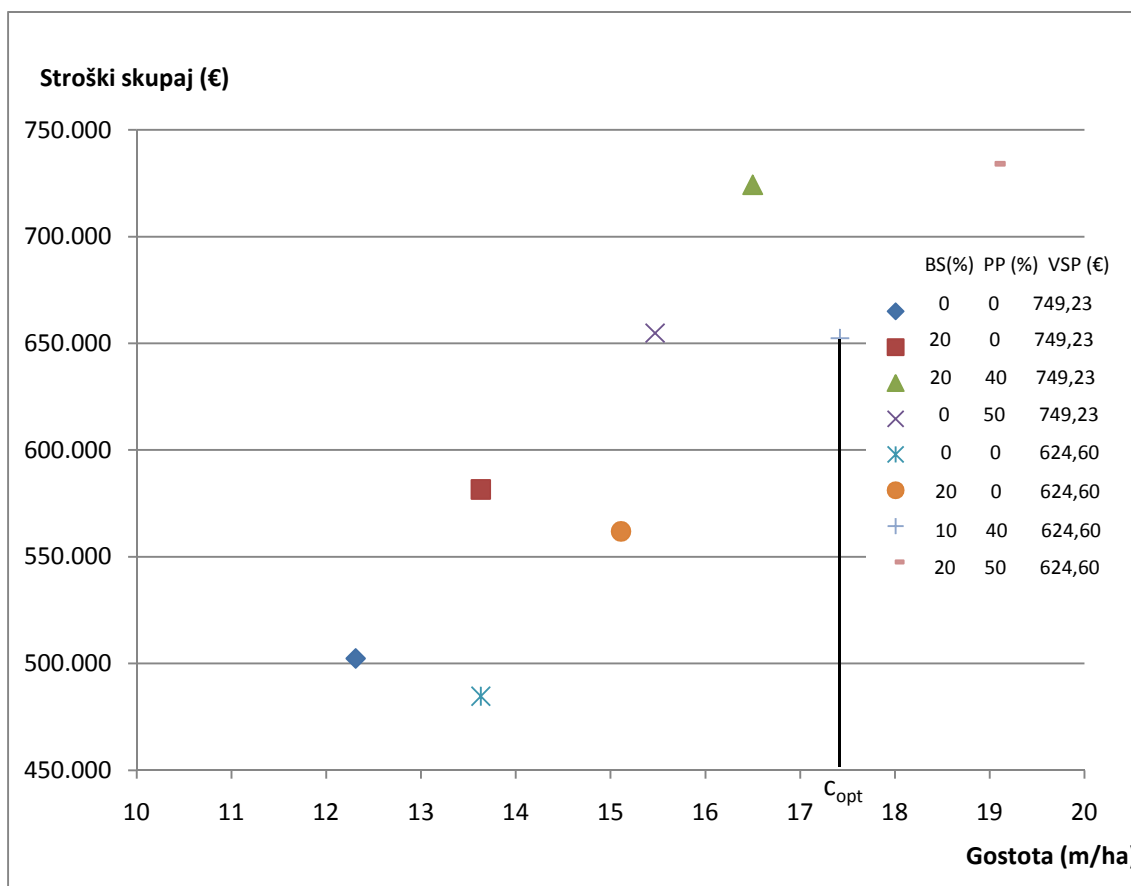


Slika 25: Vpliv višine bonifikacij spravila lesa na skupne stroške

Figure 25: Influence of wood skidding bonifications height on total costs

Z upoštevanjem bonifikacij spravila lesa naraščajo skupni stroški spravila lesa, najmanjši skupni stroški spravila in prevoza pa nastopajo pri višjih gostotah omrežja gozdnih cest. Pri povprečnih bonifikacijah spravila lesa 10 % so najmanjši stroški spravila in prevoza pri gostoti gozdnih cest 12,98 m/ha, pri povprečnih bonifikacijah 20 % pa pri 13,63 m/ha.

Pri izračunu skupnega vpliva povečanja načrtovanega poseka, višine stroškov vzdrževanja gozdnih cest in bonifikacij za spravilo lesa na skupne stroške spravila in prevoza smo variirali bonifikacije spravila lesa v mejah med 0 % in 20 %, povečanje načrtovanega poseka med 0 % in 50 % in višino stroškov prevoza med 624,60 €/km in 749,23 €/km.



Slika 26: Najmanjši skupni stroški spravila in prevoza v odvisnosti od bonifikacij spravila lesa (BS), povečanja načrtovanega poseka (PP), in višine stroškov prevoza (VSP)

Figure 26: Lowest total costs of skidding and transport depending on wood skidding bonifications (BS), planned cut increase (PP) and transport costs height (VSP)

Pri variiranju vseh vhodnih pogojev nastopajo najmanjši skupni stroški spravila in prevoza lesa pri različnih gostotah omrežja gozdnih cest. Najmanjša optimalna gostota omrežja gozdnih cest 12,31 m/ha je izračunana ob pogojih:

- največji možen posek za naslednje ureditveno obdobje se ne poveča;
- bonifikacij spravila lesa ni;
- stroški vzdrževanja gozdnih cest ostajajo v celoti breme gozdne proizvodnje.

Najvišja optimalna gostota omrežja gozdnih cest (19,06 m/ha) v nasprotnem nastopa pri naslednjih pogojih:

- največji možen posek za naslednje ureditveno obdobje se poveča za 50 %;
- bonifikacije spravila lesa so 20 %;

- stroški vzdrževanja gozdnih cest, ki bremenijo gozdno proizvodnjo, so zmanjšani za sredstva iz proračuna za sofinanciranje vzdrževanja gozdnih cest.

Dvig največje možne količine lesa za posek na območju objekta raziskovanja je deloma že bil izveden z obnovo gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarske enote Mežica z obdobjem veljavnosti od 1. 1. 2010 do 31. 12. 2019. Največja možna količina desetletnega poseka v tej gozdnogospodarski enoti se je v območju raziskovanja dvignila iz 204.570 m³ na 309.382 m³, kar predstavlja 51,2 % povečanje možnega poseka (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2010). Vrednosti preračunane na hektar večnamenskih gozdov za to gozdnogospodarsko enoto kažejo na 46,9 % dvig iz prejšnjih 4,16 m³/ha/leto na zdajšnje 6,11 m³/ha/leto. Glede na podatke gozdnogospodarskega načrta (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2010) predstavlja načrtovan posek v večnamenskih gozdovih 76,6 % prirastka večnamenskih gozdov, katerega absolutna višina znaša 7,98 m³/ha/leto. Realno je dvig največjega možnega poseka pričakovan tudi v gozdnogospodarski enoti Črna - Smrekovec, kjer se je obdobje veljavnosti obstoječega gozdnogospodarskega načrta izteklo 31. 12. 2011. Višina načrtovanega poseka v tej gozdnogospodarski enoti trenutno znaša 4,40 m³/ha/leto. Za skupno 40 % povečanje največjega možnega poseka v objektu raziskovanja bi bil potreben dvig največjega možnega poseka v gozdnogospodarski enoti Črna - Smrekovec za 35,8 % oziroma na 5,20 m³/ha/leto. Pri izračunih najmanjših skupnih stroškov omrežja gozdnih cest in spravila lesa smo zato predvideli 40 % skupno povečanje največje možne količine poseka lesa za naslednje desetletno ureditveno obdobje.

Vpliva bonifikacij spravila lesa pri osnovnih izračunih stroškov spravila lesa nismo upoštevali. Glede na izračunane učinke spravila lesa in ob poznavanju terenskih razmer smo pri nadaljnjih izračunih upoštevali 10 % bonifikacije spravila lesa.

Glede na izračunane letne stroške prevoza predstavljajo v letu 2011 sredstva državnega proračuna za sofinanciranje vzdrževanja gozdnih cest 17 % celotnih predvidenih stroškov prevoza v območju raziskovanja (Proračun občine Črna, 2010). Pri nadaljnjih izračunih optimalne gostote omrežja gozdnih cest smo zato za potrebe gozdne proizvodnje upoštevali delež stroškov vzdrževanja gozdnih cest 0,83.

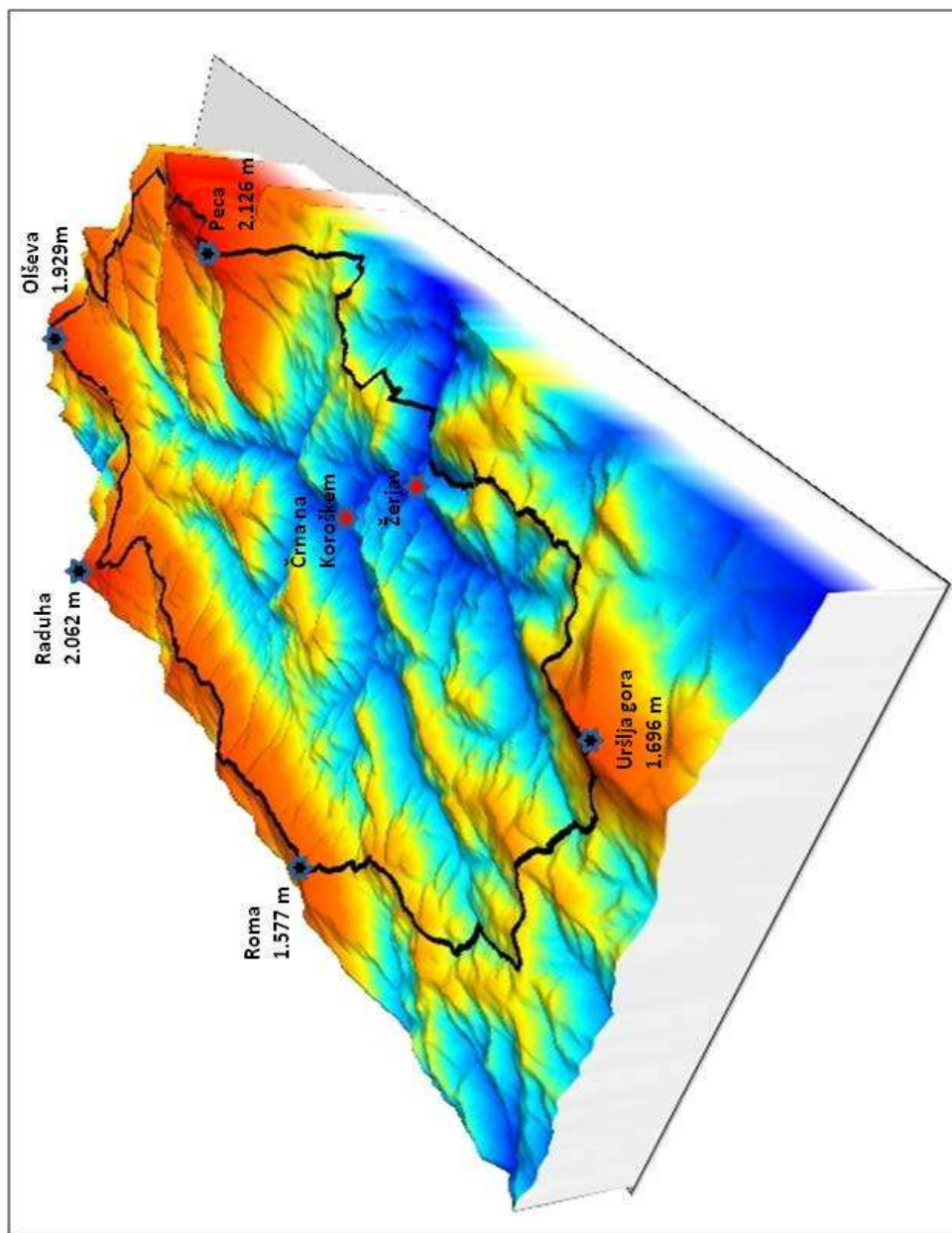
Ob načrtovanem dvigu največje možne količine lesa za posek, upoštevanju bonifikacij za spravilo lesa in predvidenemu deležu stroškov vzdrževanja gozdnih cest za potrebe gozdne proizvodnje znaša optimalna gostota omrežja gozdnih cest 17,42 m/ha, ki je na sliki 26 označena kot c_{opt} . Širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta v tem primeru odpira je 574 m, povprečna teoretična pravilna razdalja pa 143,5 m. Vsa ostala

območja, ki so od obstoječega omrežja cest oddaljena več kot 287 m, smo obravnavali kot nezadostno odprta.

Na tej osnovi je bilo načrtovano primerjalno omrežje gozdnih cest in načrtovane gozdne ceste za primer zgoščevanja omrežja gozdnih cest.

8.3 OBLIKOVANJE MODELA RELIEFA

Na osnovi oblikovane mreže točk DMV 25 (Digitalni model višin, 2010) smo si za potrebe raziskovalne naloge oblikovali tridimenzionalno sliko območja raziskovanja (slika 27).



Slika 27: Reliefne značilnosti objekta raziskovanja

Figure 27: Terrain characteristics of research object

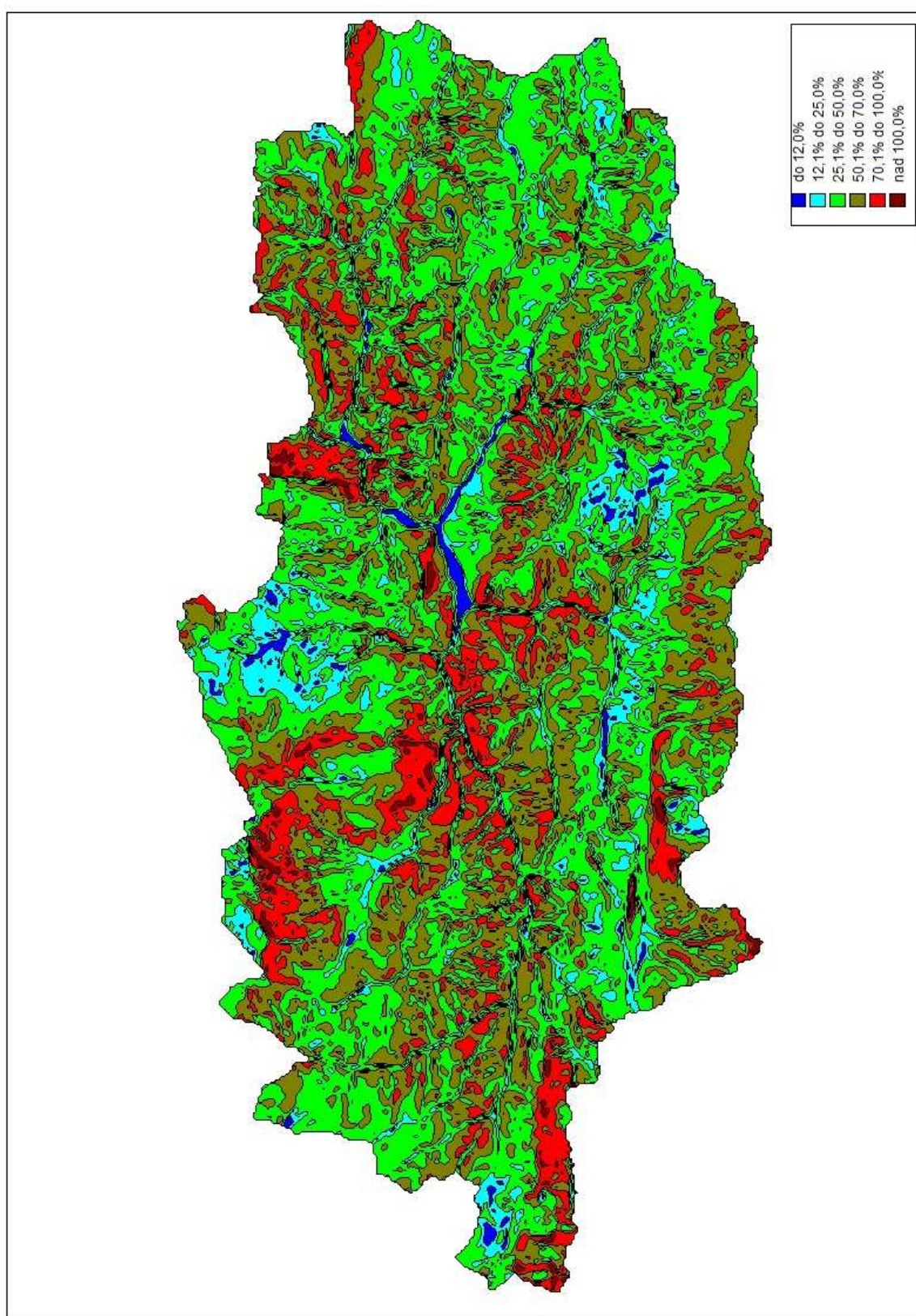
V območju raziskovanja prevladujejo nakloni terena med 25,1 % in 50,0 %, ki so primerni za spravilo lesa s traktorjem (preglednica 33).

Preglednica 33: Površinski deleži posameznih kategorij naklonov terena

Table 33: Area shares of terrain slope categories

Naklon terena (%)	Delež (%)
do 12,0	1,26
12,1 do 25,0	9,87
25,1 do 50,0	44,67
50,1 do 70,0	33,78
70,1 do 100,0	9,82
nad 100,0	0,59
Skupaj	100,00

Pri polaganju gozdnih cest v prostor smo na osnovi karte naklonov oblikovali mrežo kardinalnih točk, s pomočjo katerih smo nato polagali ceste v prostor. Območja z velikimi nakloni terena so bila izločena kot negativne kardinalne točke, katerim se je potrebno pri načrtovanju gozdnih cest izogibati. Po drugi strani smo skušali v največji meri izkoristiti območja z majhnimi nakloni terena in glede na načrtovano širino pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira, načrtovati gradnjo gozdnih cest preko teh območij.



Slika 28: Karta naklonov terena

Figure 28: Map of terrain slopes

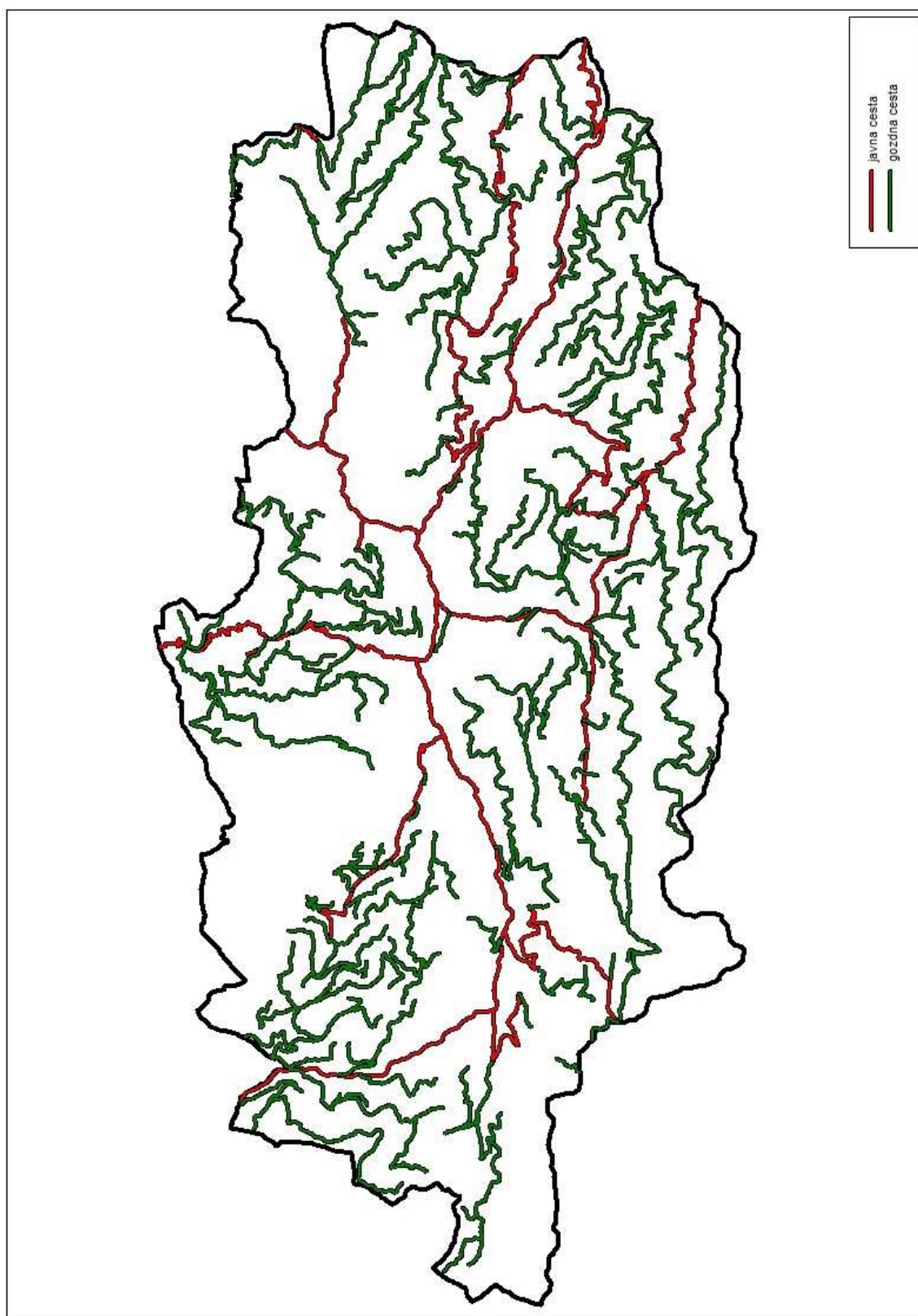
8.4 PRIMERJALNO ODPIRANJE Z GOZDNIMI CESTAMI

Z analizo stanja cestnega omrežja smo ugotovili veliko gostoto omrežja gozdnih cest (Slika 29), ki niso najbolj primerno razporejene v prostoru, kar smo dokazali s koeficientom odprtosti (Lünzmann, 1968).

S primerjalnim odpiranjem z gozdnimi cestami je bilo na osnovi obstoječega omrežja javnih cest ob upoštevanju omejitev vzdolžnega naklona načrtovanih cest (Pravilnik o gozdnih ..., 2009), terenskih značilnosti in ekonomsko utemeljene širine pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira, v območju raziskovanja načrtovano 87 gozdnih cest v skupni dolžini 235,289 km (slika 30).

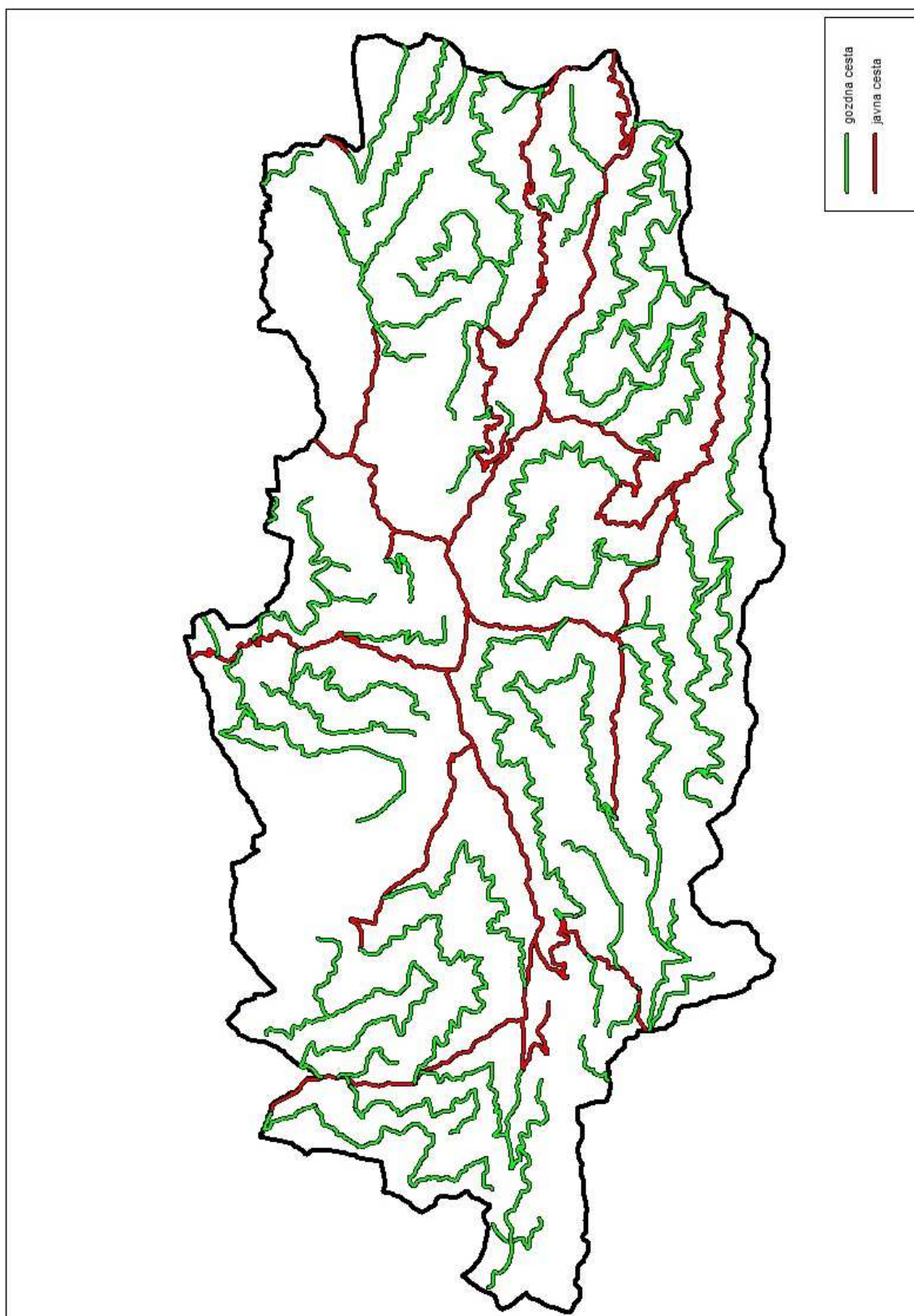
Načrtovane gozdne ceste so v primerjavi z obstoječim omrežjem gozdnih cest bistveno drugače razporejene, saj se je pri odpiranju prvenstveno upoštevalo lesnoproizvodno vlogo gozda. Načrtovane gozdne ceste odpirajo predvsem gozd, odpiranje kmetij in zaselkov pa je predvideno z obstoječim in dopolnjenim sistemom javnih cest.

Podrobno je primerjalno odpiranje po posameznih transportnogravitacijskih enotah prikazano v prilogah (Priloga A, B, C, D, E, F, G, H).



Slika 29: Obstoječe omrežje gozdnih cest

Figure 29: Existing network of forest roads



Slika 30: Primerjalno omrežje gozdnih cest

Figure 30: Comparative network of forest roads

Glavne značilnosti primerjalnega odpiranja z gozdnimi cestami po posameznih transportnogravitacijskih enotah so manjša skupna gostota omrežja gozdnih cest, večji delež produktivnih gozdnih cest in posledično manjši skupni stroški omrežja gozdnih cest.

Preglednica 34: Primerjava omrežja produktivnih gozdnih cest

Table 34: Comparisson of productive forest roads network

Transportno-gravitacijska enota	Obstoječe omrežje		Primerjalno omrežje	
	Dolžina (m)	Delež (%)	Dolžina (m)	Delež (%)
Jazbina	51.683	98,56	38.264	98,01
Javorje	9.349	80,16	6.315	96,28
Polovec	38.406	99,81	29.374	99,42
Ludranski vrh	18.856	93,82	13.137	96,05
Bistra	62.609	98,38	59.012	99,76
Koprivna	29.182	95,43	28.140	96,79
Topla	58.363	92,52	43.640	96,22
Podpeca	21.445	98,29	12.983	98,15
Skupaj	289.893	96,06	230.865	98,12

Spremenjena gostota omrežja gozdnih cest vpliva tudi na izračun povprečnih teoretičnih pravih razdalj, ki so v primeru načrtovanega omrežja gozdnih cest bistveno bolj izenačene, kot so bile v primeru obstoječega omrežja gozdnih cest. Povprečne teoretične pravih razdalje so tudi v tem primeru izračunane na podlagi pravih značilnosti posameznih ureditvenih enot in transportnogravitacijskih mej.

Preglednica 35: Primerjava teoretičnih pravilnih razdalj obstoječega in primerjalnega omrežja gozdnih cest

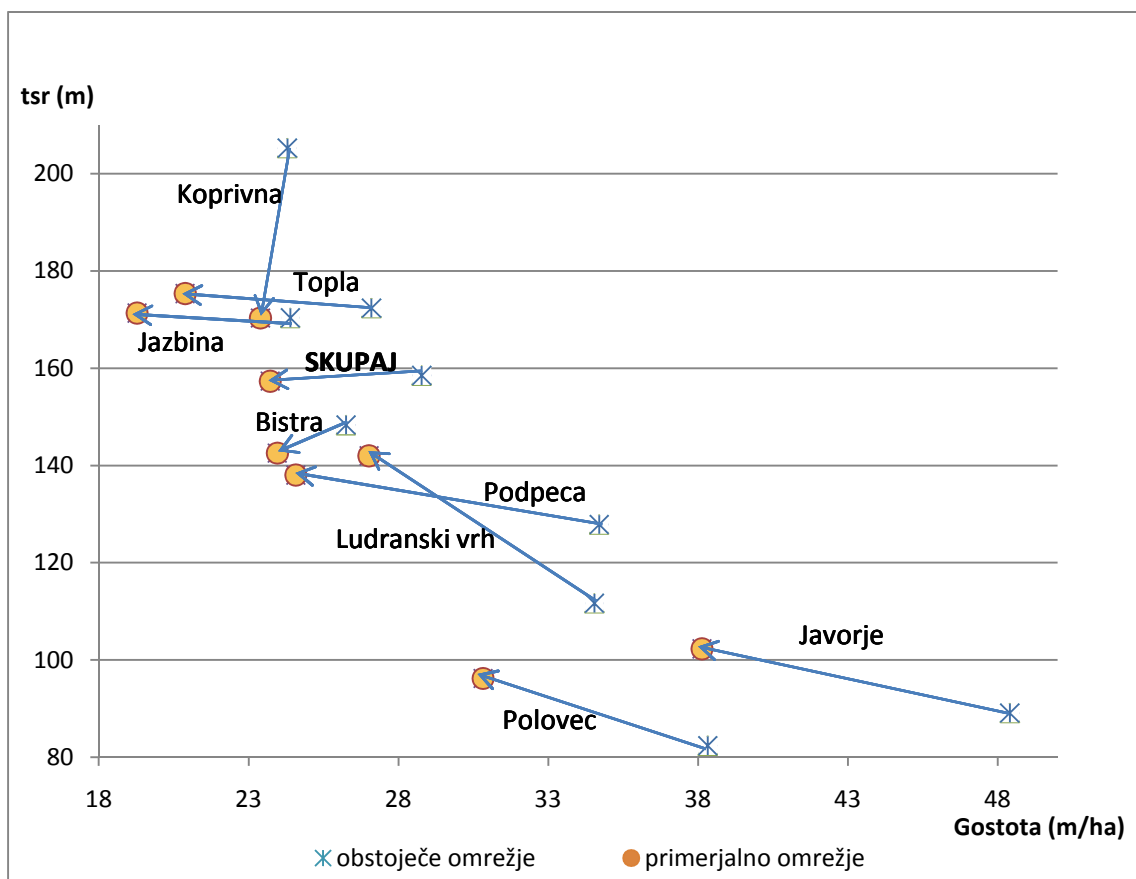
Table 35: Comparisson of theoretic skidding distances of exsisting and comparative forest road network

Transportno-gravitacijska enota	Obstoječe omrežje gozdnih cest		Primerjalno omrežje gozdnih cest	
	Skupna dolžina gozdnih cest (m)	Teoretična pravilna razdalja DMV (m)	Skupna dolžina gozdnih cest (m)	Teoretična pravilna razdalja DMV (m)
Jazbina	52.356	198,32	39.040	220,48
Javorje	11.650	172,90	6.559	133,94
Polovec	38.419	164,55	29.204	178,19
Ludranski vrh	20.070	183,03	13.677	201,44
Bistra	66.316	209,48	59.152	167,80
Koprivna	30.535	203,60	29.074	198,81
Topla	62.980	220,54	45.355	187,83
Podpeca	21.785	190,91	13.228	151,87
Skupaj	304.111	199,34	235.289	191,97

Primerjalno odpiranje gozda na podlagi obstoječega omrežja javnih cest in zgolj ob upoštevanju ekonomsko tehnoloških kriterijev kaže, da je možno gozd učinkovito odpreti tudi z manjšo skupno dolžino gozdnih cest.

S primerjalnim odpiranjem gozda smo povečali delež produktivnih gozdnih cest za 2,06 % na skupno 98,12 %. Povprečno teoretično pravilno razdaljo smo znižali za 3,7 % na 191,97 m. Vse to pa smo zagotovili pri skupni dolžini gozdnih cest 235,289 km, kar je 68,822 km manj od skupne dolžine obstoječega omrežja gozdnih cest.

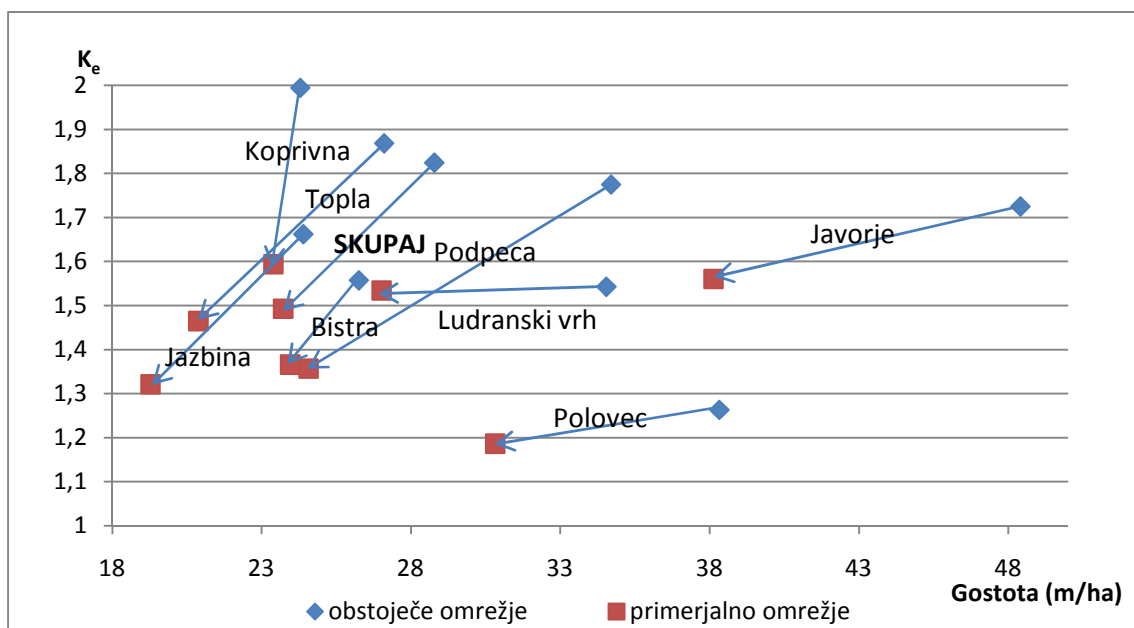
Uspešnost polaganja gozdnih cest v prostor pri primerjalnem odpiranju gozda smo dodatno utemeljili s spremembo povprečnih teoretičnih pravilnih razdalj in spremembo gostote omrežja gozdnih cest. Izračuni so narejeni po transportnogravitacijskih enotah ob upoštevanju celotne površine gozdov ter skupne dolžine gozdnih in javnih cest v posamezni transportnogravitacijski enoti (Slika 31).



Slika 31: Spremembe gostote omrežja cest (c) in povprečnih teoretičnih pravilnih razdalj (tsr) po transportnogravitacijskih enotah

Figure 31: Changes of road density (c) and average theoretical skidding distances (tsr) by transportation gravitational units

Spremembe so pri vseh transportnogravitacijskih enotah v smeri nižje gostote omrežja cest, pri tem so se dodatno zmanjšale še povprečne teoretične pravilne razdalje v transportnogravitacijskih enotah Bistra, Koprivna in skupno na območju raziskovanja. Z oblikovanim primerjalnim omrežjem gozdnih cest smo dosegli tudi spremembe koeficientov odprtosti.



Slika 32: Sprememba koeficienta odprtosti (K_e) po transportnogravitacijskih enotah

Figure 32: Change of accessibility coefficient (K_e) by transportation gravitational units

S primerjalnim odpiranjem območja raziskovanja z gozdnimi cestami smo uspeli z nižjo gostoto omrežja cest doseči zmanjšanje koeficientov odprtosti v vseh transportnogravitacijskih enotah in skupno za celotno območje raziskovanja iz obstoječih 1,82 na 1,49. Največji preskok je v transportnogravitacijski enoti Podpeca, kjer se je zmanjšal koeficient iz obstoječih 1,77 na 1,36. Najmanjša sprememba je v transportnogravitacijski enoti Ludranski vrh, kjer se je koeficient zmanjšal iz obstoječih 1,54 na 1,53. Potrebe po odpiranju posameznih kmetij in zaselkov pri načrtovanju primerjalnega omrežja gozdnih cest niso upoštevane. Tovrstno odpiranje je predvideno s sistemom priključkov, ki so izvzeti iz sistema gozdnih cest zaradi specifičnih potreb po vzdrževanju in s tem prilagojenega standarda vzdrževanja.

8.5 UTEMELJITEV GRADNJE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA

Gradnjo gozdnih cest na osnovi večnamenske vloge gozda smo utemeljevali z vrednotenjem vlog gozda z ekspertno skupino. Vrednotenje je bilo izvedeno v dveh krogih, da je bila dosežena zahtevana konsistentnost ocen posameznega ocenjevalca.

Preglednica 36: Vrednosti CR indeksa po posameznih ocenjevalcih

Table 36: The values of CR index by individual valuers

Ocenjevalec	1	2	3	4	5	6	7
CR	0,0469	0,0392	0,0625	0,0316	0,0366	0,0589	0,0430

Uteži posameznih vlog gozda smo nato izračunali preko matrike geometrijskih sredin vrednosti parnih primerjav vseh ocenjevalcev.

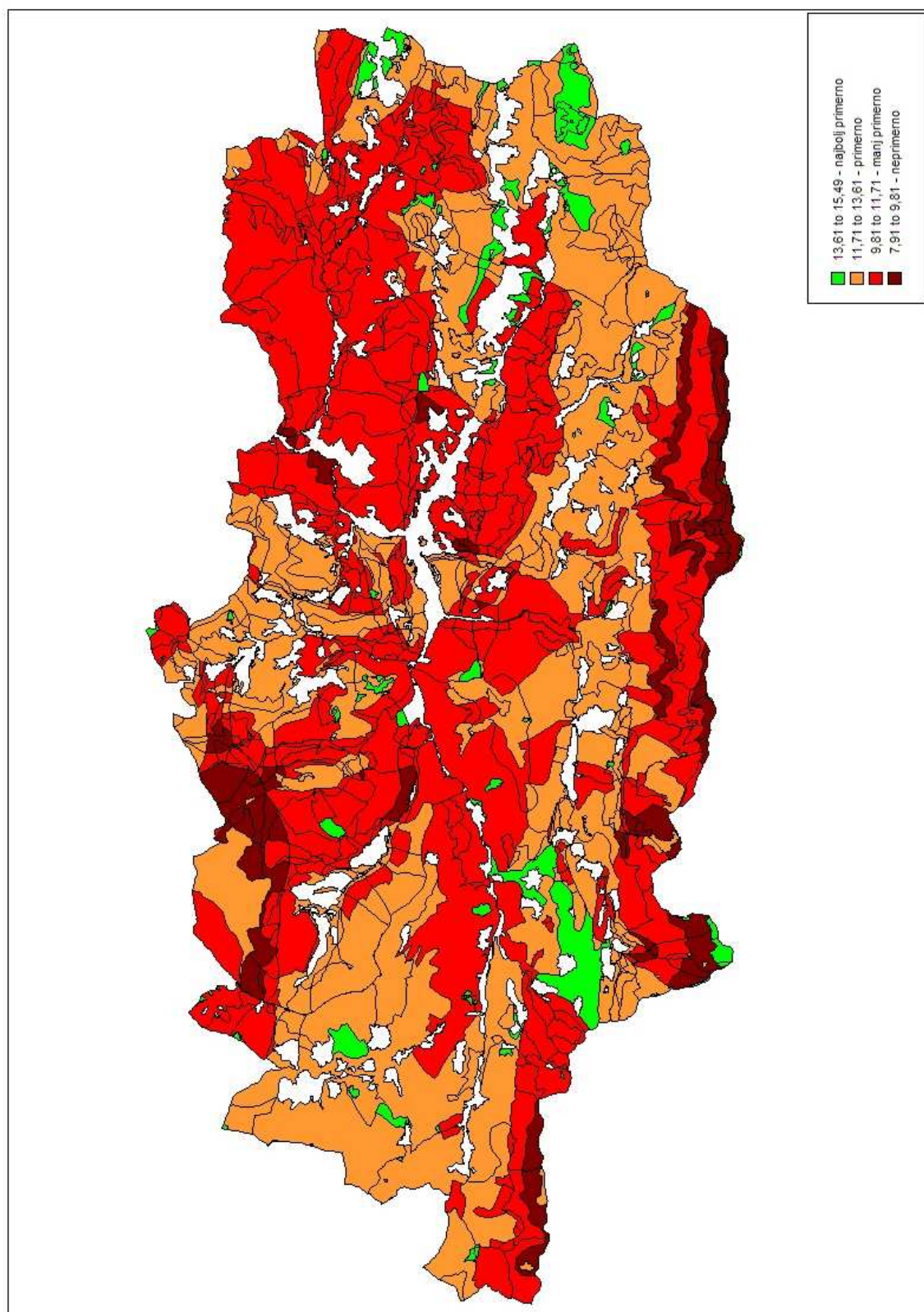
Preglednica 37: Uteži posameznih vlog gozda

Table 37: Weights of the individual forest roles

Vloga gozda	Utež
Lesnoproizvodna	0,2414
Varovalna	0,1564
Hidrološka	0,1549
Biotopska	0,0950
Lovnogospodarska	0,0901
Zaščitna	0,0528
Rekreacijska	0,0453
Druge gozdne dobrine	0,0417
Poučna	0,0270
Raziskovalna	0,0219
Klimatska	0,0202
Turistična	0,0201
Higiensko zdravstvena	0,0173
Dediščinsko varstvena	0,0159

Indeks konsistentnosti matrike geometrijskih sredin je $CR = 0,0535$ in je manjši od zahtevanih 0,10, zato lahko dobljene uteži uporabimo pri nadaljnjem odločanju.

Na osnovi izračunanih uteži vlog gozda je bila oblikovana tematska karta, ki kaže na primernost posameznih področij za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest (Slika 33).



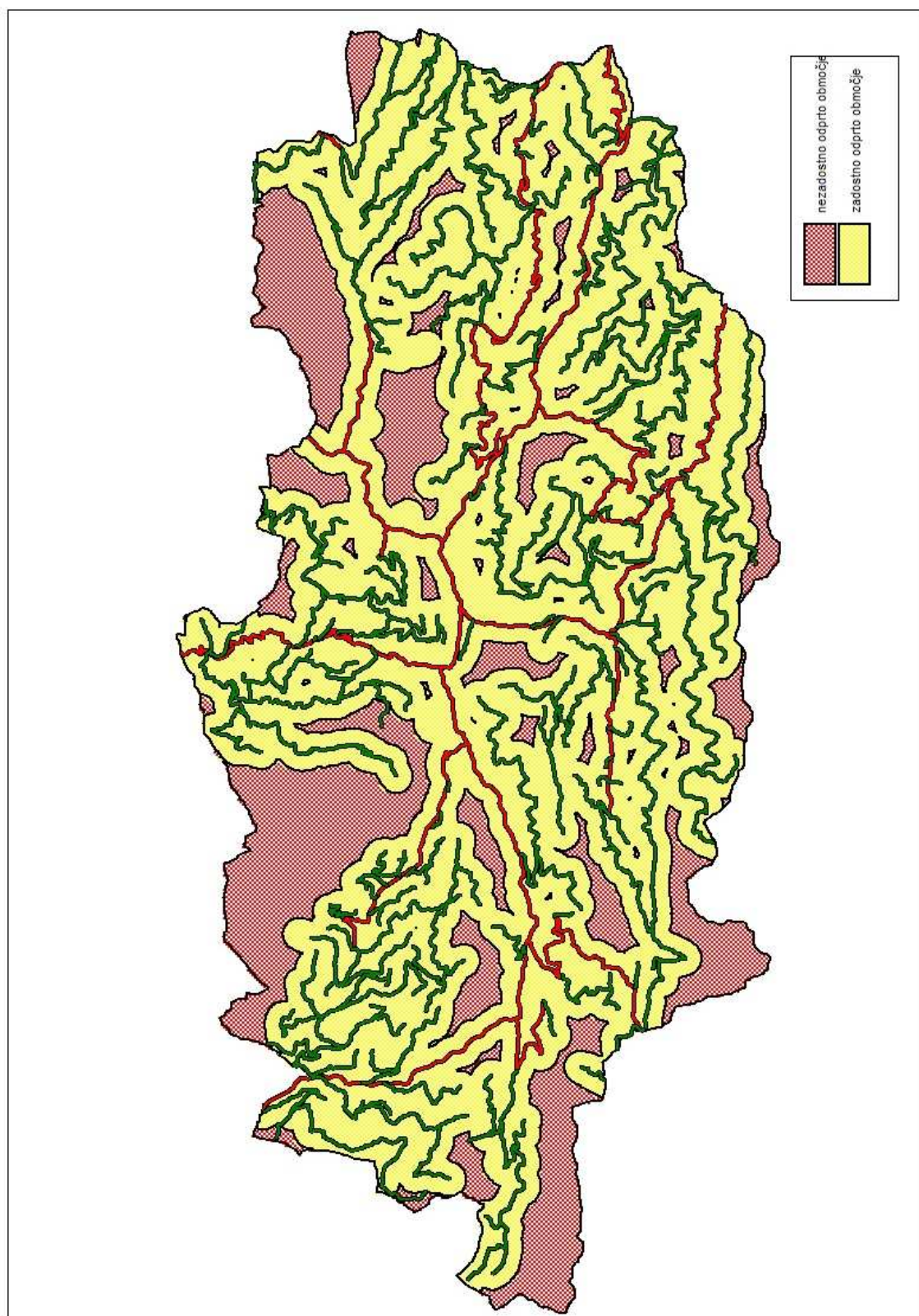
Slika 33: Karta primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest

Figure 33: Map of regulatory units suitability for forest roads construction

Pred polaganjem novih gozdnih cest je bilo potrebno poiskati nezadostno odprta območja, ki so določena na podlagi optimalne gostote omrežja gozdnih cest pri minimalnih skupnih stroških spravila in prevoza v območju raziskovanja. Optimalna gostota gozdnih cest v območju raziskovanja je 17,42 m/ha. Pri tej gostoti gozdnih cest znaša širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta odpira 574 m. Na osnovi ekonomsko utemeljene širine pasu smo poiskali območja z veliko medsebojno oddaljenostjo med gozdnimi cestami in določili nezadostno odprta območja (Slika 34).

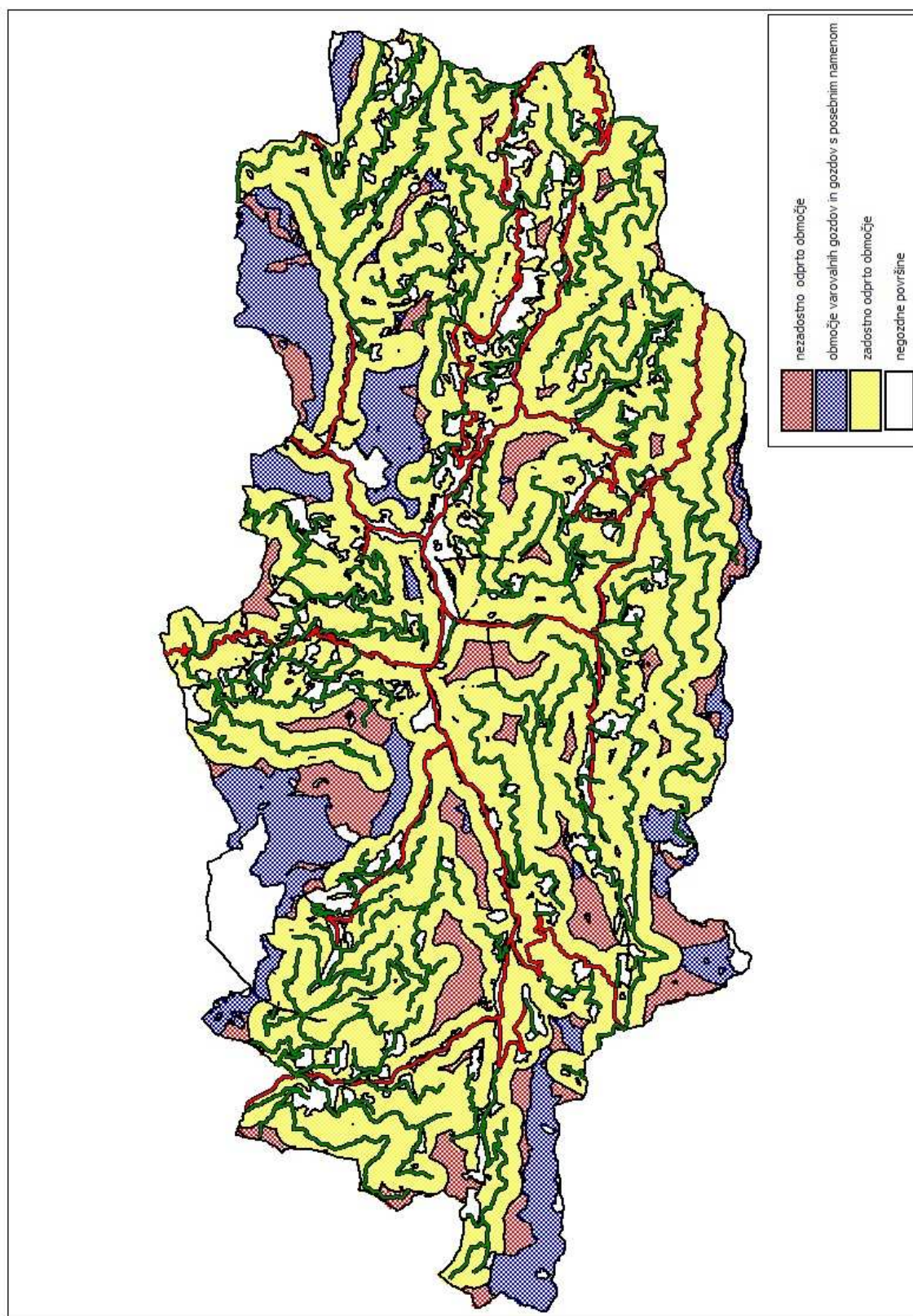
Gledano v celoti je 79,9 % površin območja raziskovanja odprtih s cestami in se nahaja v pasu do 287 m od katerekoli ceste v območju raziskovanja. Preostalih 20,1 % nezadostno odprtih površin je potrebno podrobneje analizirati. Z analizo točk DMV 25 smo ugotovili, da je naklon terena nezadostno odprtih območij večji in znaša 55,2 %. Naklon terena na zadostno odprtih območjih pa znaša 45,2 %.

Podrobna analiza nezadostno odprtih območij ob upoštevanju kategorije gozda v posameznih ureditvenih enotah kaže na boljšo odprtost obravnavanega območja (Slika 35).



Slika 34: Nezadostno odprta območja

Figure 34: Insufficiently opened areas

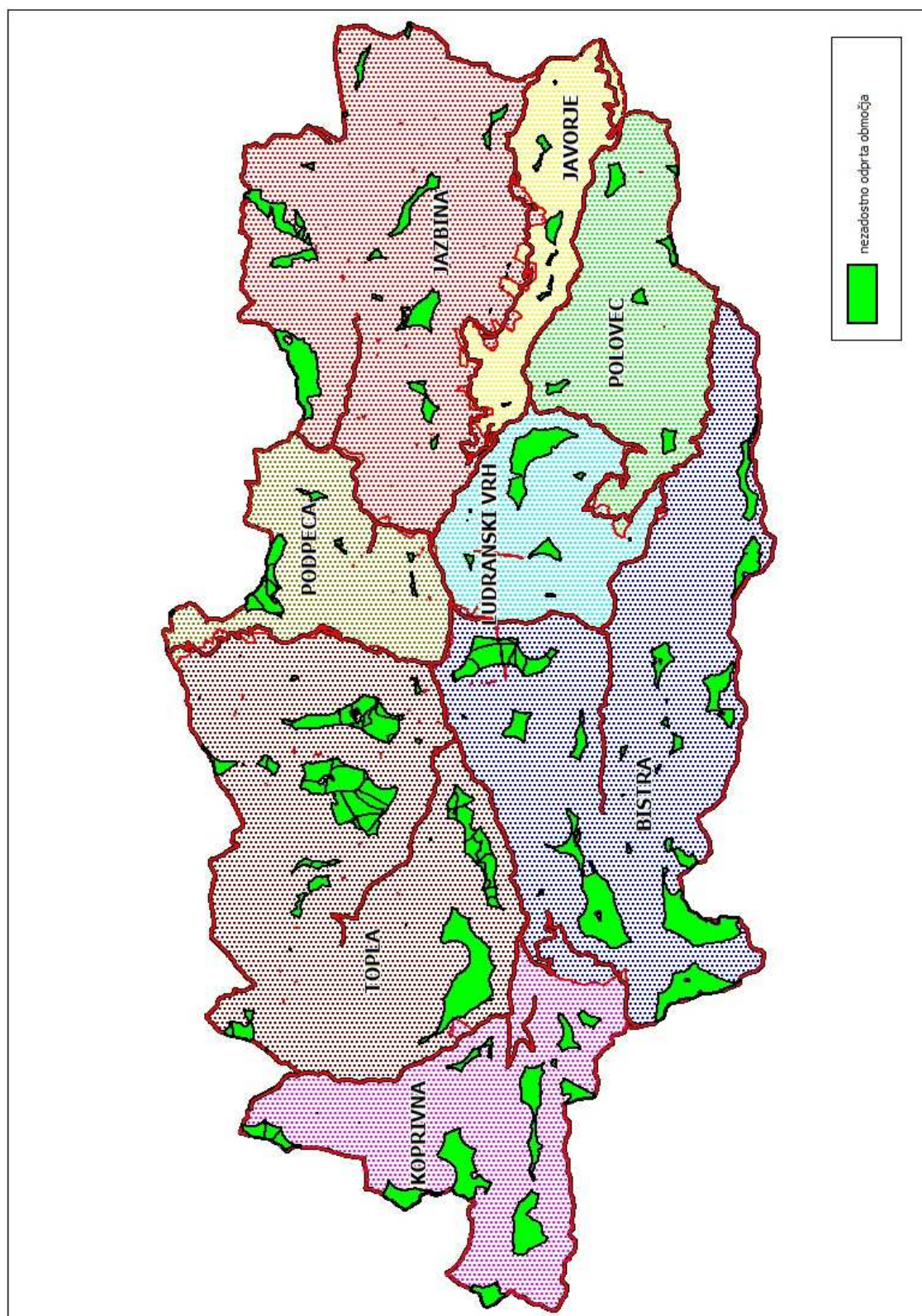


Slika 35: Podrobna analiza odprtosti obravnavanega območja

Figure 35: Detail analysis of researched area opening

Na sliki 35 so posebej izločene negozdne površine, varovalni gozdovi in gozdovi s posebnim namenom. Zadostno odprtih območij večnamenskih gozdov je 88,29 %, nezadostno odprtih gozdov z razmakom med cestami več kot 574 m pa je 1287,83 ha oziroma 11,71 % od skupne površine večnamenskih gozdov. V teh območjih je načrtovan največji možen desetletni posek 53.864 m^3 oziroma 11,97 % načrtovanega poseka v vseh večnamenskih gozdovih obravnavanega območja.

Površine nezadostno odprtih večnamenskih gozdov se pojavljajo v večjih ali manjših delih v celotnem območju raziskovanja (Slika 36). Pri tem je pomembna velikost teh predelov, saj na manjših površinah ni možno ekonomsko utemeljiti nadaljnega zgoščevanja omrežja gozdnih cest.



Slika 36: Nezadostno odprta območja večnamenskih gozdov

Figure 36: Insufficiently opened areas of multipurpose forests

Pri podrobni analizi nezadostno odprtih območij smo združili tiste ureditvene enote, ki so med seboj povezane in predstavljajo zaključeno območje. Vsako tako oblikovano območje smo preverili po več kriterijih in postopno izločili območja, ki niso zanimiva za odpiranje.

Najprej smo preverili geografsko lego obravnavanega območja. V primeru, da je nezadostno odprto območje obdano z varovalnimi gozdovi ali gozdovi s posebnim namenom, gradnja nove gozdne ceste ni možna, ker v varovalnih gozdovih in gozdovih s posebnim namenom ne gradimo novih gozdnih cest.

Pri nadaljnji obravnavi nezadostno odprtih območij smo preverili ekonomsko utemeljenost nadaljnjega zgoščevanja omrežja gozdnih cest. Osnovni pogoj znotraj vsakega zaokroženega nezadostno odprtega območja je večje zmanjšanje letnih stroškov spravila kot znašajo stroški prevoza, med katerimi smo upoštevali skupne letne stroške vzdrževanja in stroške zaradi trajne izgube rastne površine na območju načrtovane gozdne ceste.

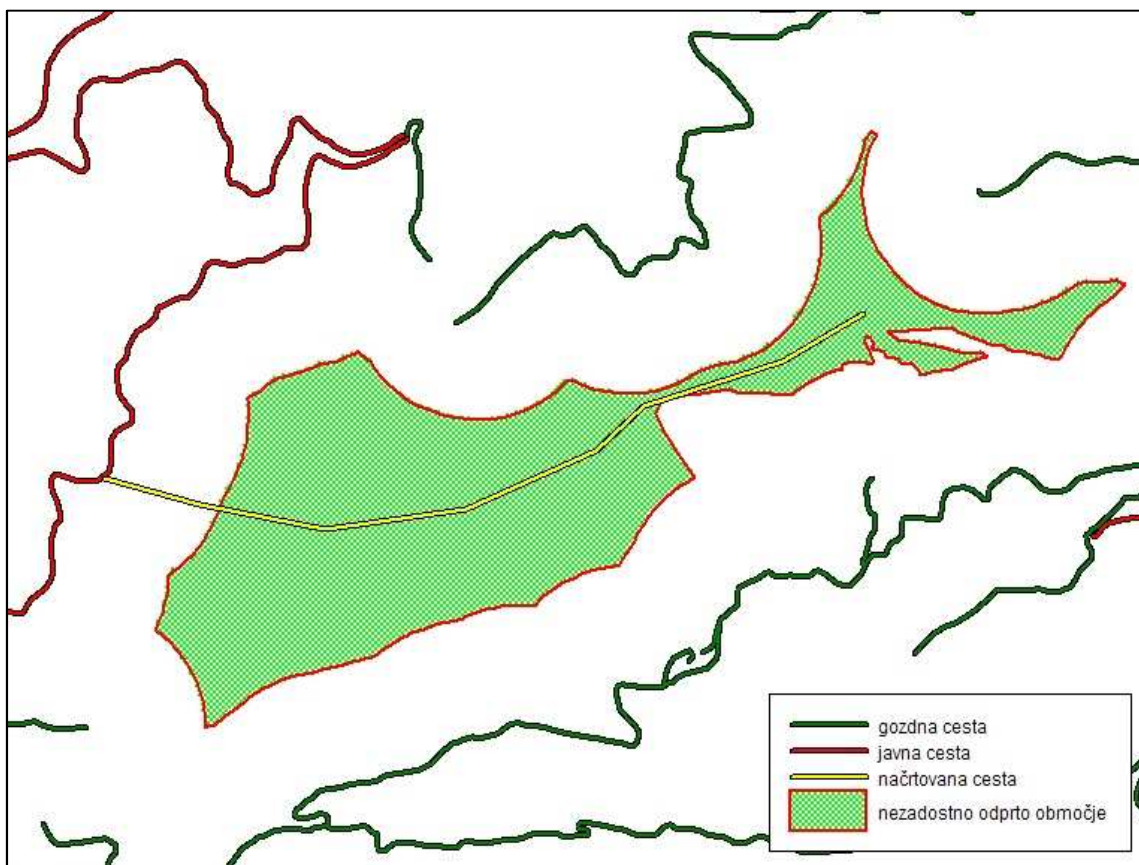
V primeru, da na načrtovani gozdni cesti ni možno doseči večjega zmanjšanja stroškov spravila kot je povečanje stroškov prevoza, se stroški gradnje gozdne ceste ne morejo nikoli povrniti. Pri načrtovani dolžini posamezne gozdne ceste smo upoštevali višinsko razliko izhodišča in končne točke ter omejitve največjega vzdolžnega dovoljenega naklona gozdne ceste (Pravilnik o gozdnih ..., 2009).

V prvi fazi ekonomske presoje smo tako izločili vsa tista nezadostno odprta območja, kjer znašajo skupni stroški spravila manj kot letni stroški prevoza. Na osnovi tega kriterija je bilo izločeno 603,66 ha nezadostno odprtih območij. Na preostalih 684,17 ha nezadostno odprtih območij je bilo potrebno narediti podrobno analizo stroškov spravila lesa pri obstoječih in načrtovanih pravilnih pogojih.

V ta namen smo načrtovali gozdne ceste v posamezna nezadostno odprta območja na osnovi izdelane karte terena in ob upoštevanju primernosti posamezne ureditvene enote za gradnjo gozdne ceste. Ceste smo v največji možni meri polagali v ureditvene enote, ki so najbolj primerne oziroma so primerne za gradnjo gozdnih prometnic in predstavljajo pozitivne kardinalne točke za gradnjo. Pri polaganju smo se hkrati izogibali vsem tistim ureditvenim enotam, ki so glede na nižjo vrednost točkovanja manj primerne za gradnjo in predstavljajo negativne kardinalne točke.

Pri načrtovanju gozdnih cest smo najprej izbrali nezadostno odprto območje, kjer je pričakovano večje zmanjšanje stroškov spravila, kot pa je povečanje stroškov prevoza. Za izbrano območje smo nato določili osnovno povezavo z obstoječim omrežjem cest in

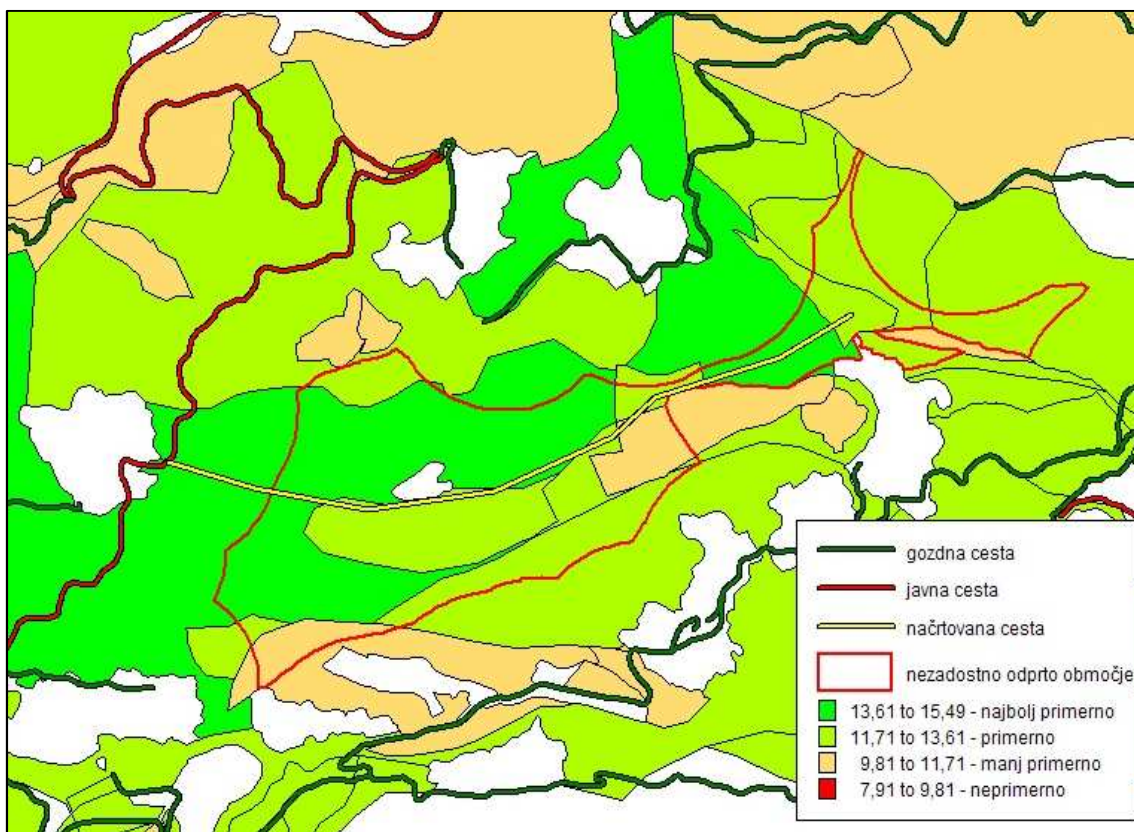
osnovno lego, ki naj bo zaradi zmanjševanja povprečnih teoretičnih pravilnih razdalj čim bližje sredini območja (Slika 37).



Slika 37: Načrtovanje gozdnih cest na podlagi oblike nezadostno odprtega območja

Figure 37: Forest road planning based on insufficiently opened area form

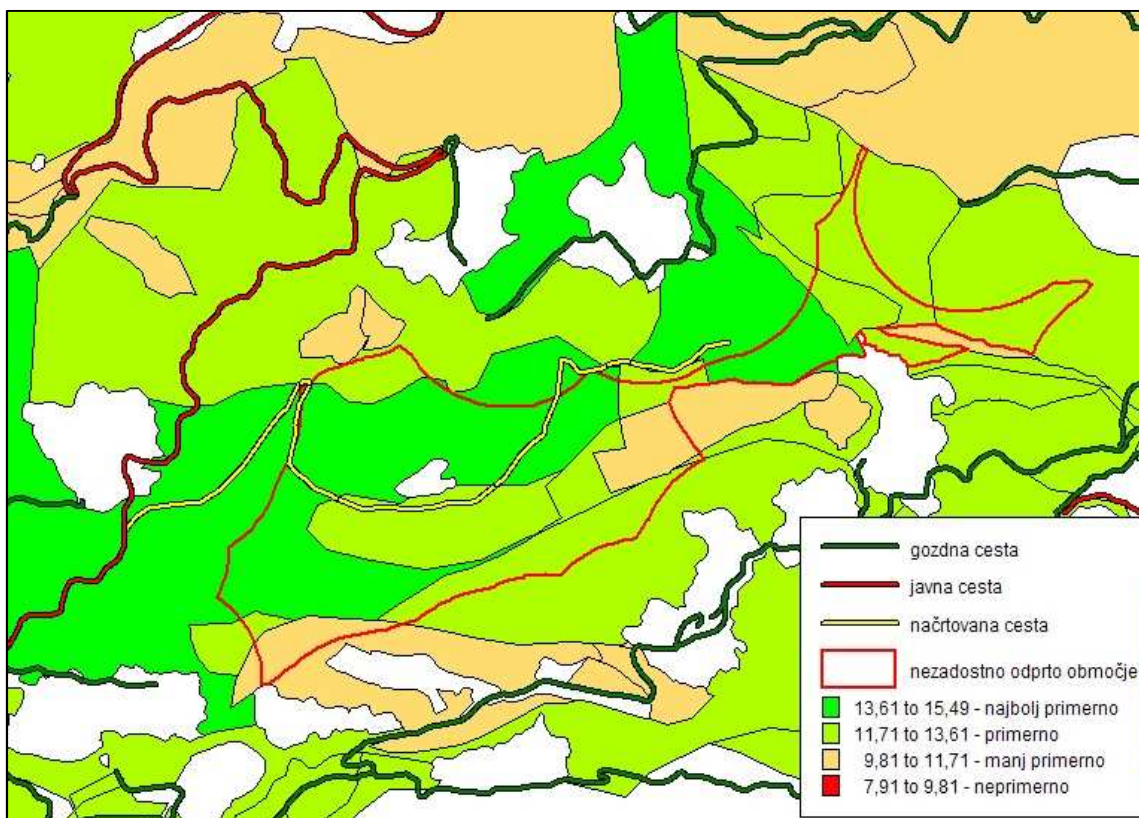
Osnovno lego načrtovane ceste v območju smo prilagodili glede na karto primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest. Pri tem smo poskušali doseči, da načrtovana gozdna cesta v največji meri poteka v območju, ki je najbolj primerno za gradnjo gozdnih cest (Slika 38).



Slika 38: Načrtovanje gozdnih cest na podlagi primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest

Figure 38: Forest roads planning based on suitability of management units for forest roads construction

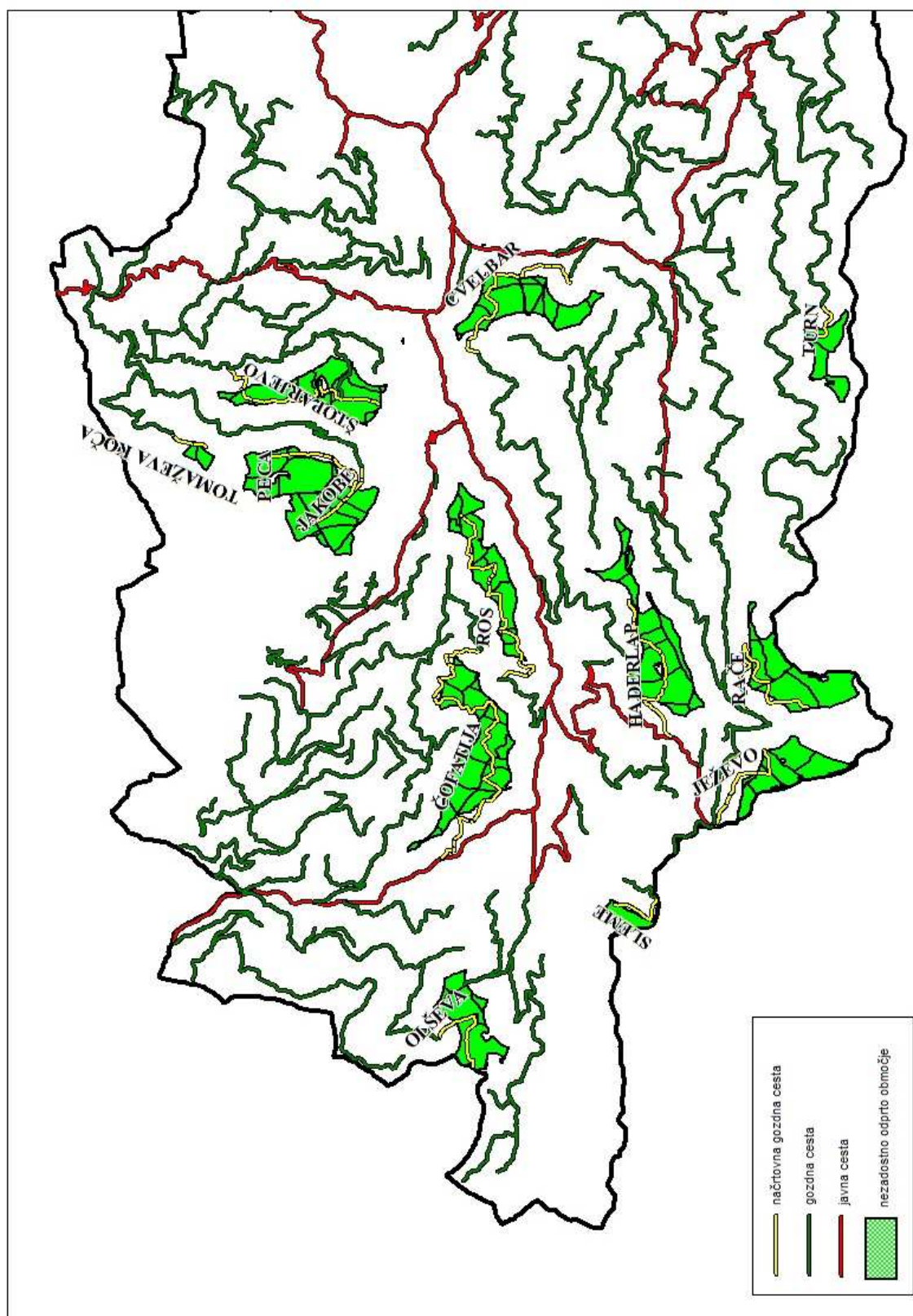
V nadaljevanju smo pri načrtovanju gozdne ceste upoštevali osnovne tehnološke kriterije in traso načrtovane gozdne ceste prilagodili največjemu dovoljenemu vzdolžnemu naklonu nivelete, ki znaša 12 % in naklonu terena, ki v osnovi ne presega 70 % (Slika 39). Pri tem smo si pomagali z izdelano karto naklonov terena. Na ta način smo dobili končno načrtovano traso novogradnje gozdne ceste za konkretno nezadostno odprto območje. Z vidika vseh vlog gozda bi bila najboljša trasa načrtovane ceste znotraj najbolj primerne območja, vendar to ni možno doseči zaradi razgibanosti reliefa, naklona terena in predpisanih omejitev vzdolžnega naklona nivelete.



Slika 39: Načrtovanje gozdnih cest na podlagi ekonomskih in tehnoloških kriterijev ter večnamenske vloge gozda

Figure 39: Forest roads planning based on economical and tehnological criterium and multipurpose role of forest

Na ta način smo ob upoštevanju ekonomsko tehnoloških kriterijev in karte primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest načrtovali gozdne ceste tudi v ostala nezadostno odprta območja. Skupno smo načrtovali 13 novih gozdnih cest v skupni dolžini 26,416 km.



Slika 40: Načrtovane gozdne ceste

Figure 40: Planned forest roads

Uspešnost polaganja smo najprej preverili z analizo primernosti načrtovanih tras gozdnih cest. Doseženo število točk posamezne načrtovane ceste je izračunano kot tehtana sredina vrednosti točkovanja po posameznih odsekih cest in dolžine odsekov cest.

Preglednica 38: Primernost izbranih nezadostno odprtih območij za gradnjo gozdnih cest

Table 38: Suitability of selected insufficiently opened areas for forest roads construction

Cesta	Dolžina (m)	Točke	Primernost za gradnjo
Haderlap	2.492	13,52	Primerna
Ježevo	1.441	12,45	Primerna
Olševa	1.313	12,43	Primerna
Štoparjevo	2.482	12,05	Primerna
Čofatija	5.218	12,05	Primerna
Ros	3.637	11,87	Primerna
Cvelbar	2.621	11,39	Manj primerna
Peca	1.486	11,19	Manj primerna
Sleme	781	11,03	Manj primerna
Jakobe	1.202	10,62	Manj primerna
Tomaževa koča	506	10,35	Manj primerna
Rače	2.542	10,26	Manj primerna
Turn	695	10,10	Manj primerna
Skupaj	26.416		

Z vidika vseh vlog gozda se kaže najprimernejša lokacija za gradnjo gozdne ceste slabo odprto območje nad kmetijo Haderlap. Povprečne vrednosti točkovanja trase gozdne ceste znašajo 13,61. Pri tem ima 77 % trase vrednost točkovanja 13,70, na preostalem delu pa 12,92. Kriterija za najbolj primerna območja načrtovana trasa sicer ne izpolnjuje je pa v primerjavi z vsemi ostalimi načrtovanimi trasami z vidika vseh vlog gozda najbolj sprejemljiva.

Najmanj sprejemljive načrtovane trase gozdnih cest so Turn, Rače, Tomaževa koča in Jakobe. Poleg neprimernosti z vidika vseh vlog gozda smo na teh trasah ugotovili povprečne naklone terena večje kot 50 % in s tega vidika manjšo primernost za gradnjo.

Za načrtovane gozdne ceste smo naredili še podrobno ekonomsko analizo, kjer smo na osnovi zmanjšanja stroškov spravila ob upoštevanju povečanja stroškov prevoza izračunali dopustno dolžino načrtovanih gozdnih cest. Zmanjšanje stroškov spravila je

izračunano kot razlika med stroški spravila pri obstoječem omrežju gozdnih cest in po gradnji načrtovane gozdne ceste v nezadostno odprto območje. Povečanje stroškov prevoza pa je izračunano na podlagi dolžine načrtovane gozdne ceste in izračunanih letnih stroškov vzdrževanja in stroškov zaradi trajne izgube rastne površine na kilometer gozdnih cest. V primeru, da je dopustna dolžina večja kot načrtovana, je gradnja gozdne ceste ekonomsko utemeljena. Pri vzdrževanju načrtovanih gozdnih cest je upoštevana javna raba gozdnih cest, zato so načrtovani stroški vzdrževanja zmanjšani za sredstva, ki jih lokalna skupnost za vzdrževanje gozdnih cest dobi iz državnega proračuna.

Primer izračuna dopustne dolžine načrtovane gozdne ceste za nezadostno odprto območje Rače:

Dolžina načrtovane gozdne ceste: 2.542 m

Načrtovan posek za ureditveno obdobje (10 let): 2.957 m³

Letni stroški spravila:

Obstoječi stroški spravila lesa: 5.124,15 €

Načrtovani stroški spravila lesa: 2.750,48 €

Razlika: 2.373,67 €

Letni stroški prevoza:

Stroški vzdrževanja gozdnih cest: 624,60 €/km

Stroški trajne izgube rastne površine: 10,65 €/km

Skupaj: 635,25 €/km

Skupaj za načrtovano gozdno cesto: 1.614,81 €

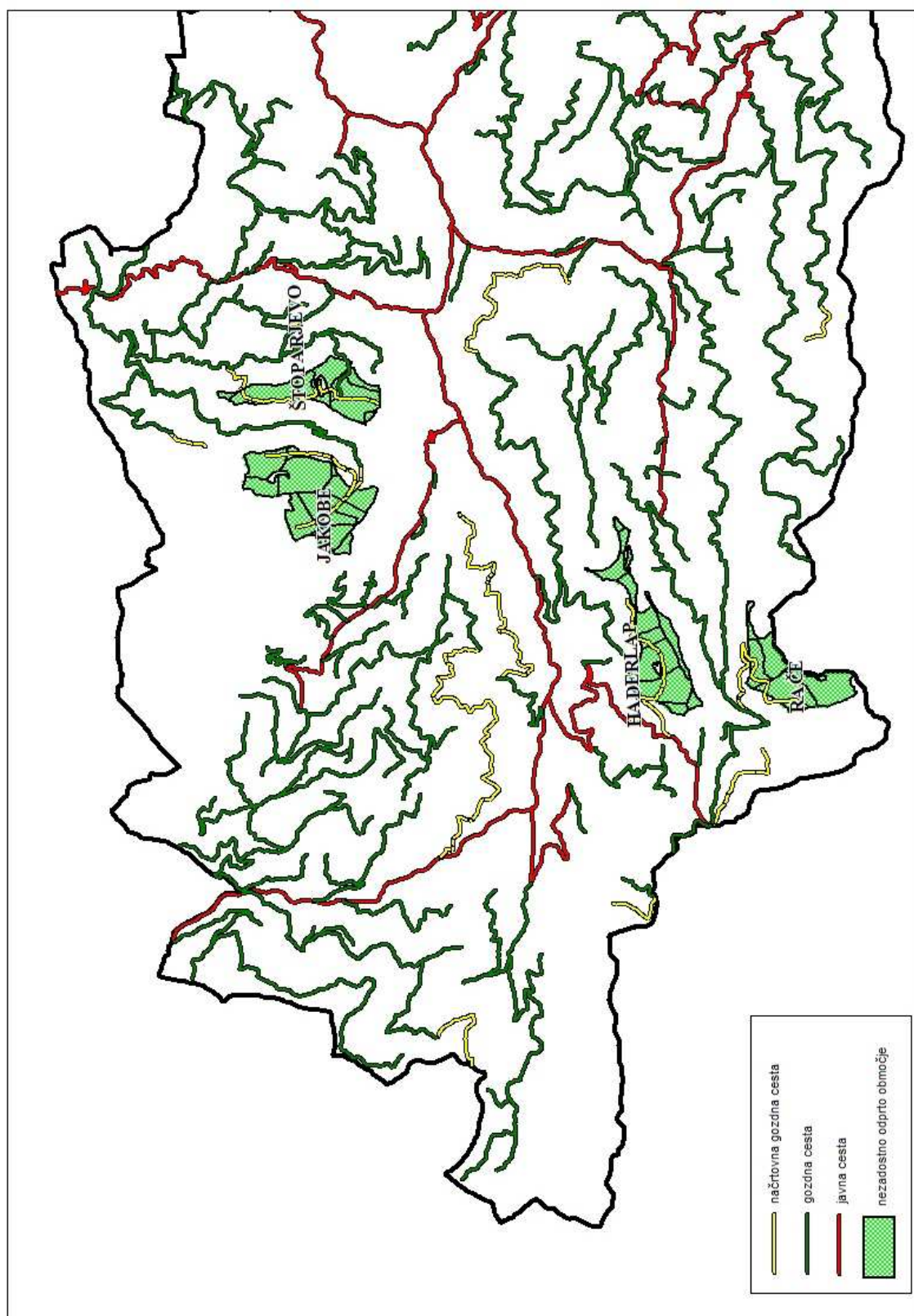
Letno zmanjšanje stroškov spravila znaša 2.373,67 € in presega letno povečanje stroškov prevoza, ki znašajo 1.614,81 €, zato je gradnja načrtovane gozdne ceste Rače ekonomsko utemeljena.

Preglednica 39: Ekonomska utemeljitev gradnje načrtovanih gozdnih cest

Table 39: Economical argumentation of planned forest roads construction

Načrtovana gozdna cesta	Načrtovana dolžina (m)	Zmanjšanje stroškov spravila (€)	Dopustna dolžina gozdne ceste (m)
Haderlap	2.492	17.508,68	2.756
Ježevo	1.441	3.908,15	615
Olševa	1.313	4.521,53	712
Štoparjevo	2.482	16.327,29	2.570
Čofatija	5.218	8.498,01	1.338
Ros	3.637	5.125,68	807
Cvelbar	2.621	2.808,78	442
Peca	1.486	5.031,54	792
Slеме	781	537,87	85
Jakobe	1.202	30.170,79	4.749
Tomaževa koča	506	629,17	99
Rače	2.542	23.736	3.737
Turn	695	629,17	99
Skupaj	26.416	119.433,35	18.801

S podrobno analizo je bilo ugotovljeno, da v večini primerov ni možno z zmanjšanjem stroškov spravila lesa zagotoviti pokritja povečanih stroškov vzdrževanja gozdnih cest in stroškov zaradi trajne izgube rastne površine. Ekonomsko utemeljena je gradnja gozdnih cest samo v štirih nezadostno odprtih območjih: Rače, Haderlap, Jakobe in Štoparjevo.



Slika 41: Ekonomsko sprejemljivo odpiranje nezadostno odprtih območij

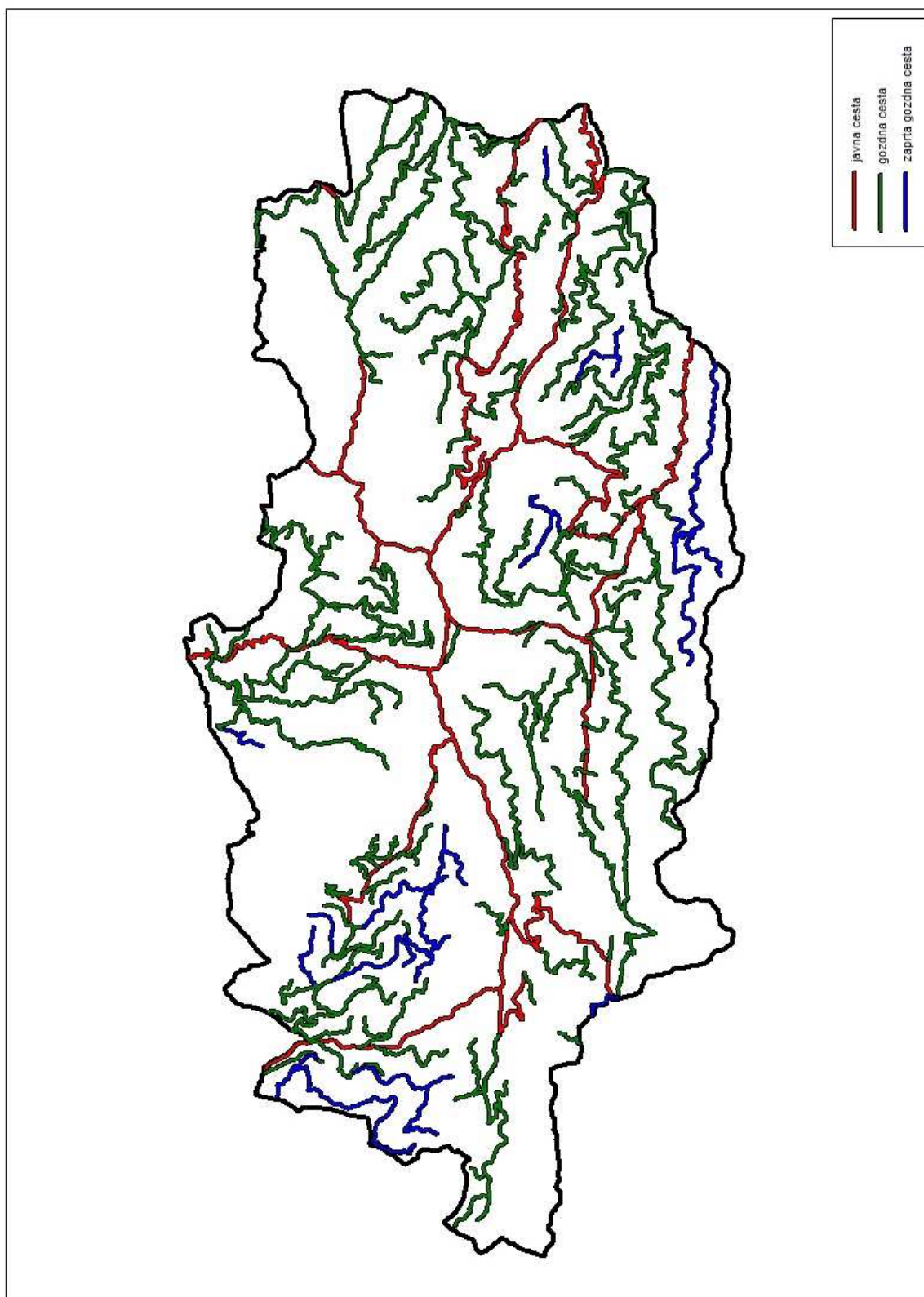
Figure 41: Economically acceptable opening of insufficiently opened areas

Ob hkratnem upoštevanju ekonomskih kriterijev in karte primernosti za gradnjo gozdnih cest ostaneta primerni samo načrtovani cesti Haderlap in Štoparjevo. Načrtovani cesti Jakobe in Rače sta zaradi večjih prihrankov pri spravilnih stroških ekonomsko bolj zanimivi, vendar pa sta z vidika vrednotenja na osnovi večnamenske vloge gozda na manj primernih lokacijah.

8.6 UTEMELJITEV RABE GOZDNIH CEST NA OSNOVI VEČNAMENSKE VLOGE GOZDA

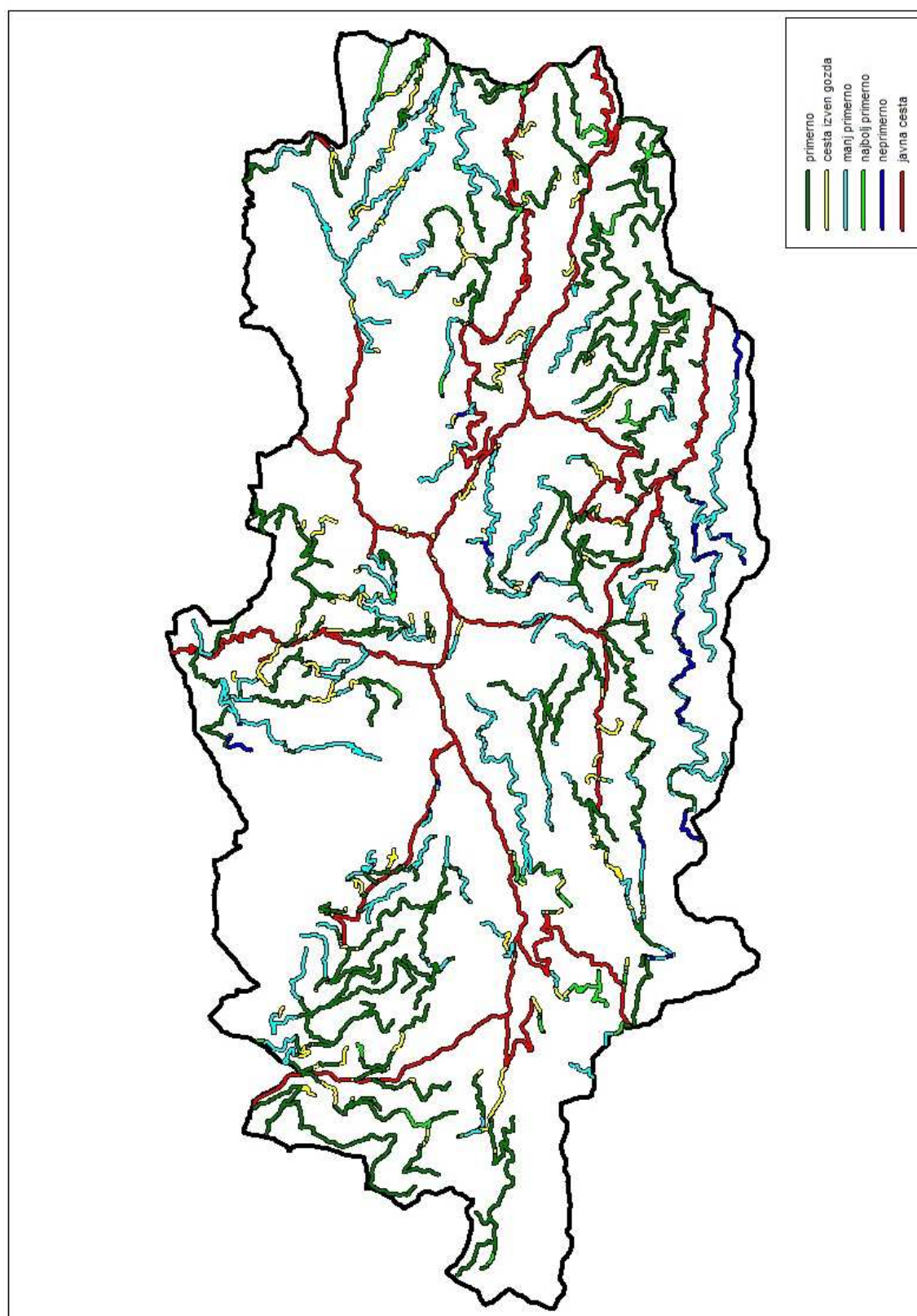
Na podlagi karte primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest smo v ureditvenih enotah, ki so manj primerne ali neprimerne za gradnjo gozdnih cest, načrtovali omejitev javne rabe obstoječih gozdnih cest. V območju raziskovanja je javna raba gozdnih cest sedaj omejena s 14 zaporami na skupno 42,772 km gozdnih cest (Slika 42).

Ustreznost obstoječe omejitve rabe posameznih gozdnih cest smo preverili z analizo primernosti na osnovi večnamenske vloge gozda. Analiziranih je bilo 261,544 km gozdnih cest, ki potekajo skozi gozd (Slika 43).



Slika 42: Obstoječe zapore gozdnih cest

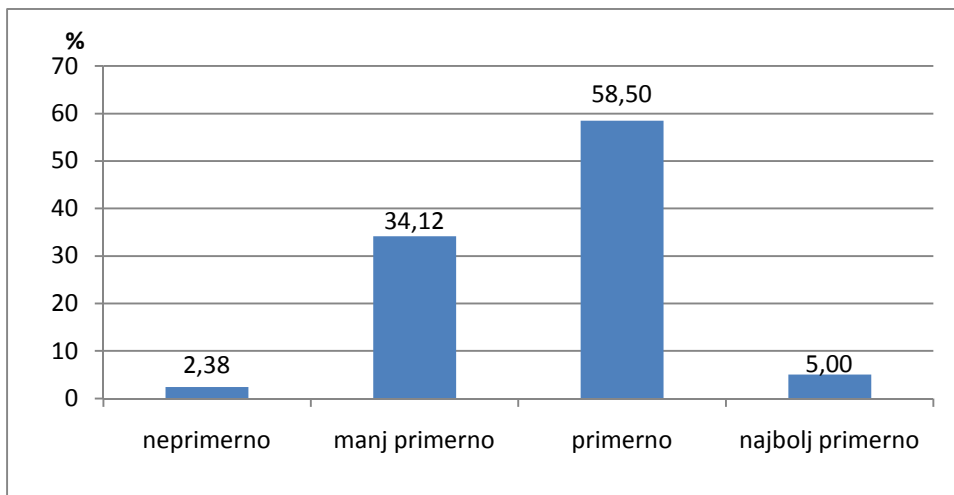
Figure 42: Existing forest roads blockades



Slika 43: Primernost rabe gozdnih cest

Figure 43: Suitability of forest roads use

Primernost rabe gozdne ceste je med posameznimi odseki različna in odvisna od opredeljenih vlog gozda.



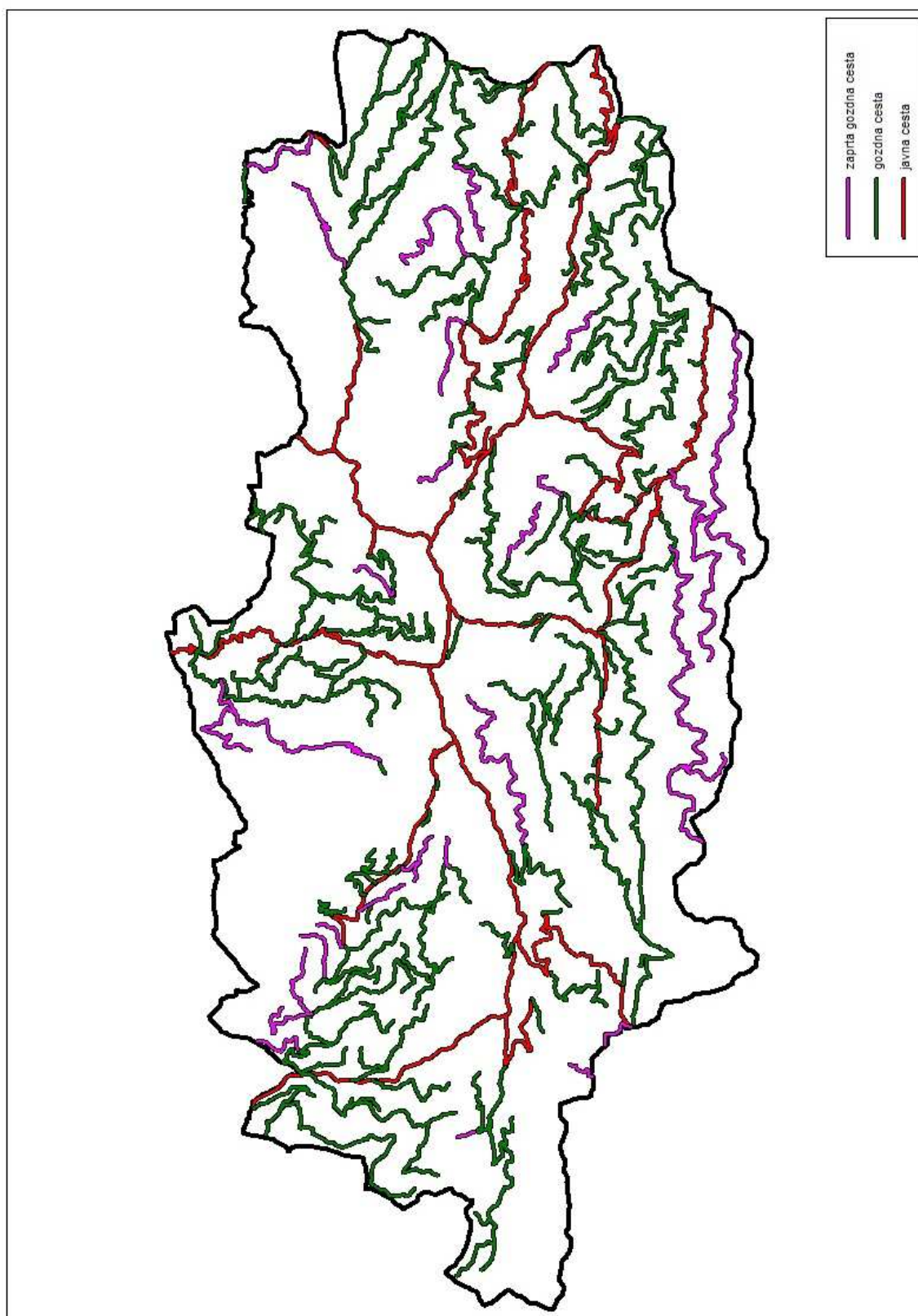
Slika 44: Primernost rabe gozdnih cest po odsekih cest

Figure 44: Suitability of forest roads use by road sections

Posamezno gozdno cesto sestavljajo eden ali več odsekov glede na število ureditvenih enot, ki so opredeljene z vlogami gozda. Povprečna vrednost točkovanja gozdne ceste je izračunana kot tehtana povprečna vrednost na podlagi točkovanja odsekov gozdne ceste in njihovih dolžin.

Izračun povprečnih vrednosti točkovanja primernosti rabe po gozdnih cestah kaže, da neprimernih gozdnih cest ni, manj primernih gozdnih cest je 29,34 %. Večina gozdnih cest je opredeljena kot primerna (69,75 %), najbolj primernih pa je zgolj 0,91 %.

Podatek o povprečni vrednosti primernosti rabe gozdne ceste pri tem kaže zgolj na splošno primernost posamezne gozdne ceste. Pomembnejši je podatek o najmanjši vrednosti primernosti posameznega odseka gozdne ceste, ki dejansko lahko določa omejitev rabe posameznega odseka ali gozdne ceste kot celote. Omejitev rabe gozdnih cest je potrebno načrtovati na tistih gozdnih cestah, kjer so najmanjše vrednosti primernosti posameznega odseka gozdne ceste uvrščene v kategorijo neprimerno. Pri tem omejitve rabe niso načrtovane na odsekih gozdnih cest, ki odpirajo posamezne kmetije in zaselke (Slika 45).

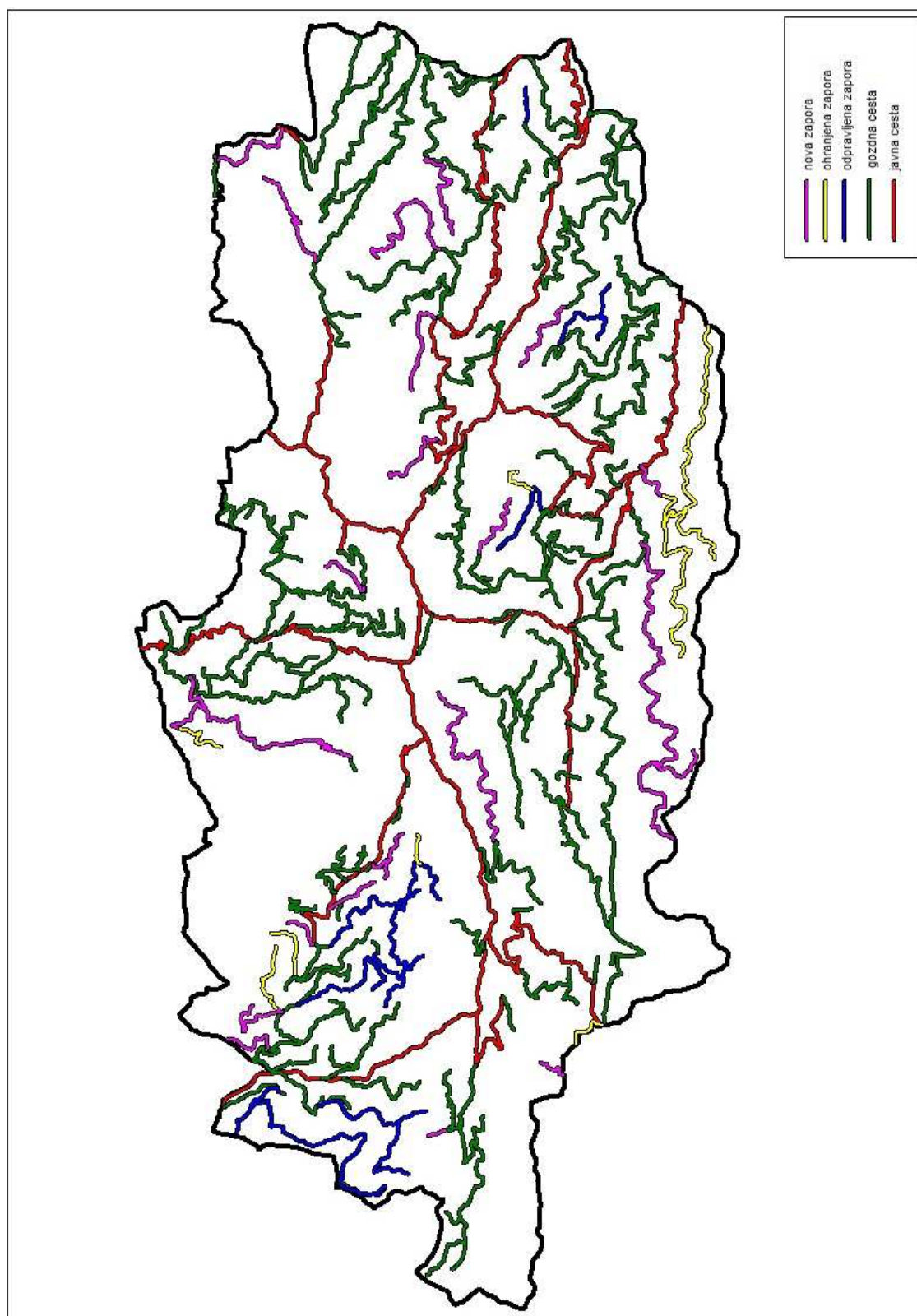


Slika 45: Načrtovane zapore gozdnih cest

Figure 45: Planned forest roads blockades

Obstoječe in načrtovane zapore gozdnih cest za omejitev javne rabe gozdnih cest se med seboj razlikujejo v skupni dolžini in izboru zaprtih odsekov gozdnih cest. Obstoječe zapore gozdnih cest so večinoma pogojene s poudarjeno biotopsko vlogo gozda, deloma pa z interesom lastnikov gozdov, da v svojem gozdu za javno rabo zaprejo gozdne ceste, katerih gradnjo so financirali sami.

Glede na vrednosti točkovanja po posameznih gozdnih cestah bi bilo smotrno odpraviti zapore na 25,970 km gozdnih cest in dodatno zapreti za rabo 44,554 km gozdnih cest. Skupaj je načrtovana omejitev javne rabe na 61,356 km gozdnih cest (Slika 46).



Slika 46: Obstoječe in načrtovane zapore gozdnih cest

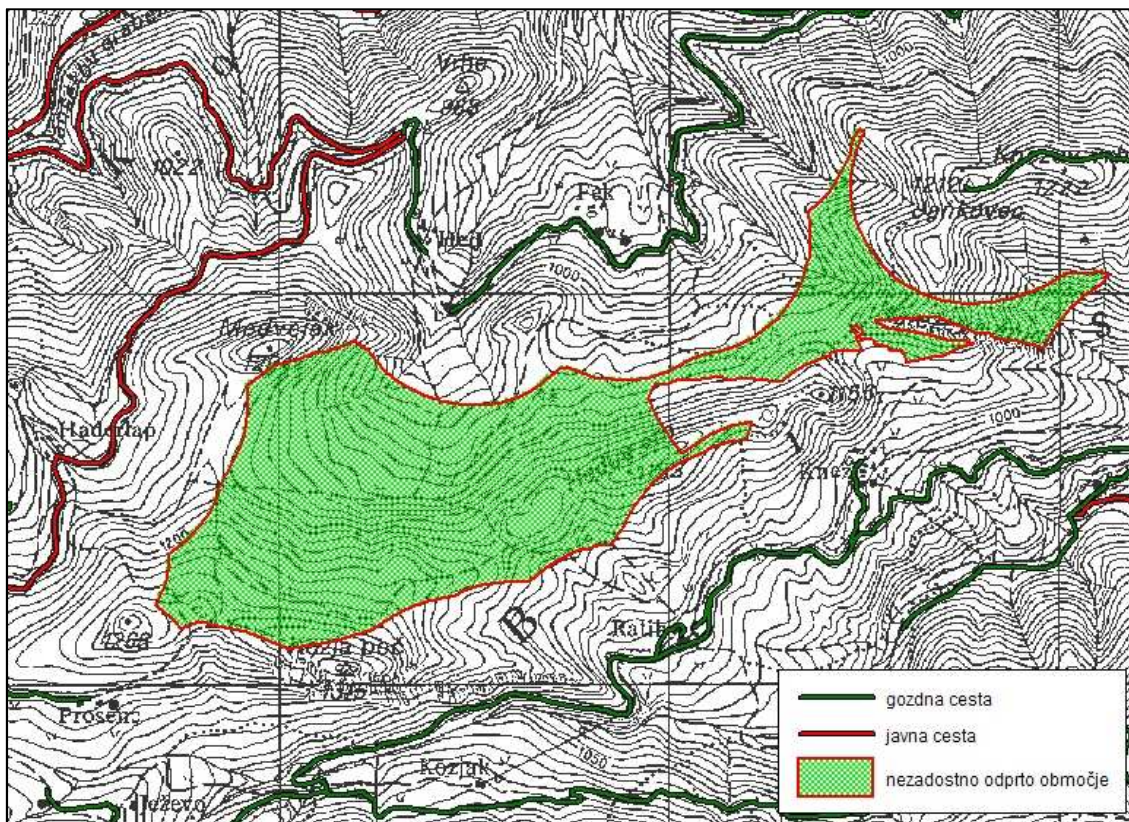
Figure 46: Existing and planned forest roads blockades

8.7 ŠTUDIJ PRIMERA HADERLAP

Študij primera je bil narejen na primeru odpiranja nezadostno odprtega območja večnamenskih gozdov nad kmetijama Hed in Haderlap v Koprivni. Obravnavano nezadostno odprto območje je bilo v predhodnih analizah oblikovano na osnovi ekonomsko utemeljene širine pasu, ki ga naj posamezna gozdna cesta odpira in znaša za celotno območje raziskovanja 574 m. Glede na zmanjšanje povprečnih teoretičnih pravih razdalj je bilo izračunano večje zmanjšanje stroškov spravila lesa, kot znaša povečanje stroškov prevoza zaradi novogradnje načrtovane gozdne ceste v nezadostno odprto območje, zato je bila načrtovana gradnja gozdne ceste v osnovi ekonomsko utemeljena.

8.7.1 Značilnosti območja

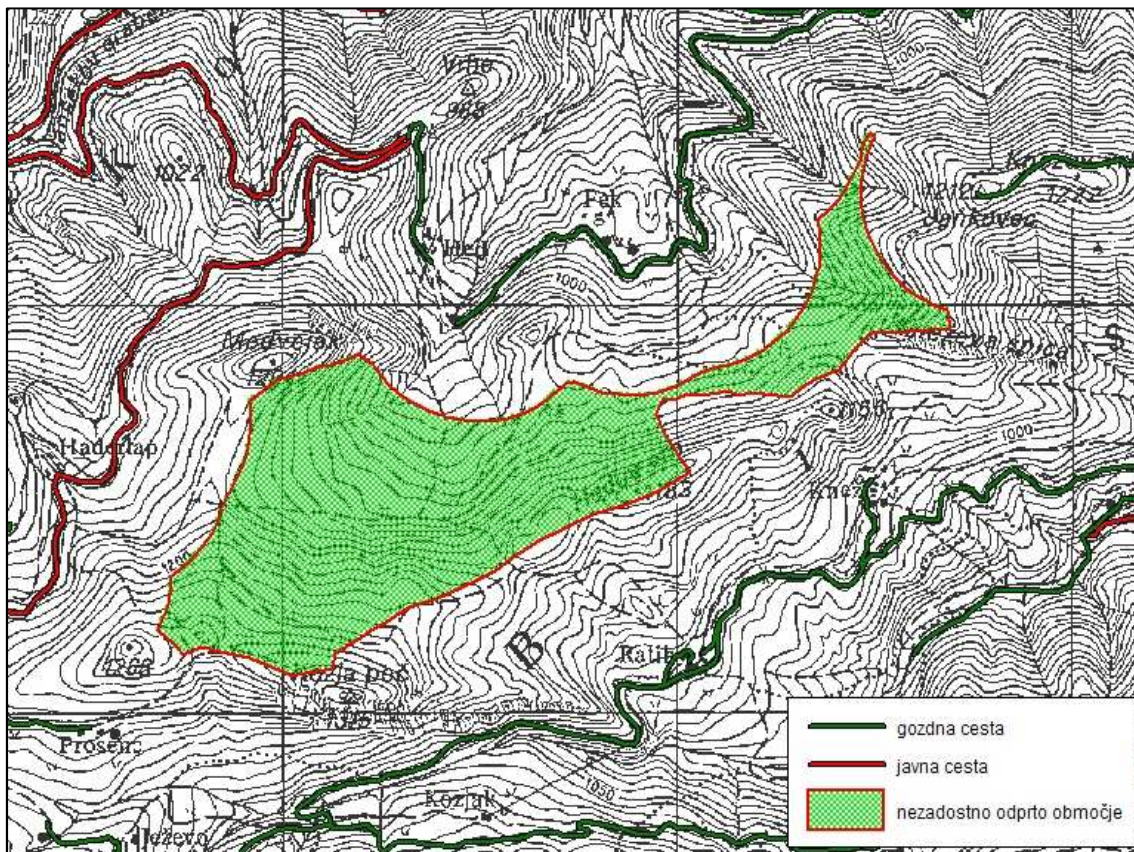
Obravnavano območje transportnogravitacijsko omejuje greben Kozje peči, javna cesta Koprivna – Sleme ter gozdni cesti Hed in Jankovec – Fek. Od obstoječega omrežja cest je oddaljeno več kot 287 m.



Slika 47: Širše območje študija primera

Figure 47: Case study wider region

Prvotno izločeno nezadostno odprto območje smo omejili glede na transportnogravitacijsko mejo med dolinama Bistra in Koprivna in v nadaljevanju analizirali ožje omejeno območje (Slika 48).

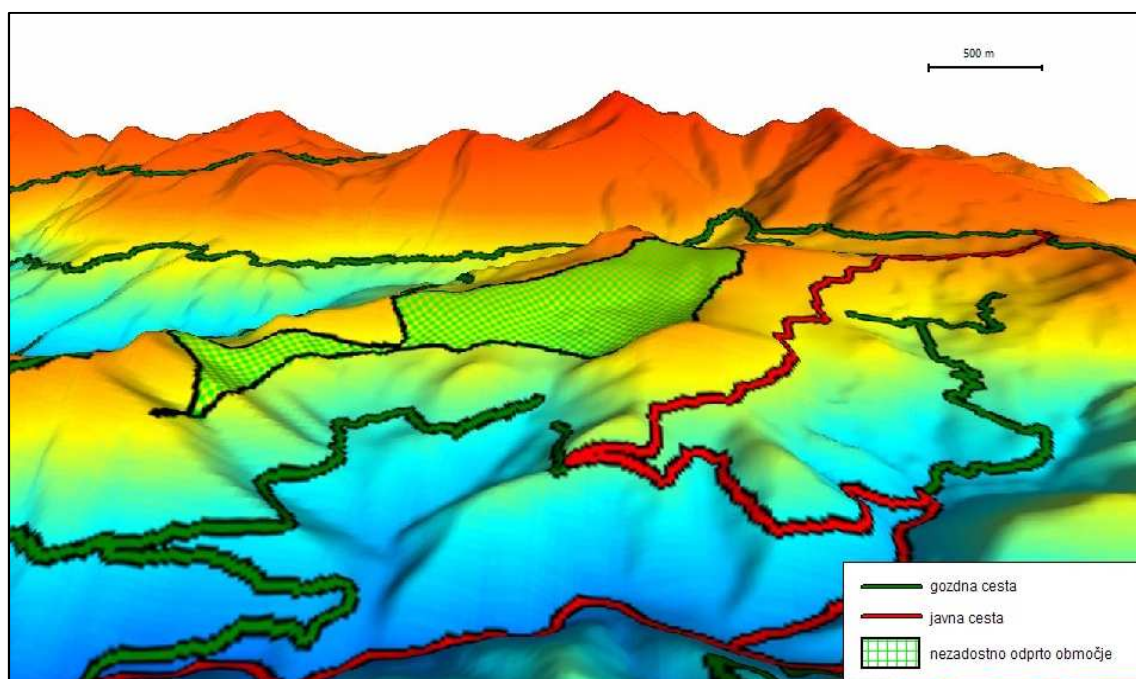


Slika 48: Območje študija primera

Figure 48: Case study region

Glavne značilnosti obravnavanega nezadostno odprtega območja Haderlap so:

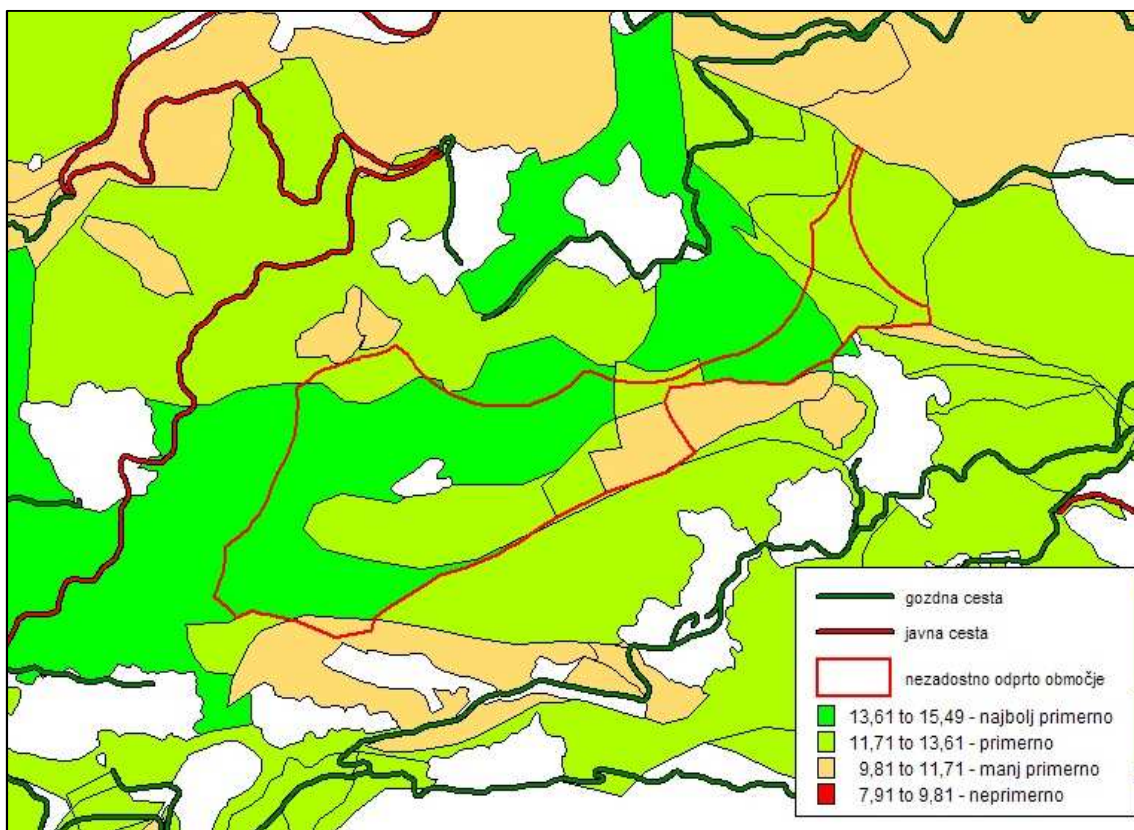
- površina večnamenskih gozdov v obravnavanem območju je 67,20 ha;
- največji možen desetletni posek iglavcev in listavcev skupaj je 4.243 m³;
- povprečna teoretična pravilna razdalja pri obstoječem omrežju cest, ponderirana z načrtovanim posekom po ureditvenih enotah znaša 529,04 m;
- povprečen naklon terena, izračunan na podlagi mreže točk digitalnega modela višin 25, znaša 34,15 %;
- povprečna izračunana vrednost primernosti obravnavanega območja za gradnjo gozdnih cest znaša 13,23 točk.



Slika 49: Reliefne značilnosti območja študija primera

Figure 49: Relief characteristics of case study region

Glede na reliefne značilnosti obravnavano območje v pretežni meri gravitira na gozdni cesti h kmetijama Hed in Fek, v manjši meri pa na javno cesto nad kmetijo Haderlap. Pri načrtovanju odpiranja slabo odprtega območja smo najprej upoštevali primernost posameznih ureditvenih enot obravnavanega območja za gradnjo gozdne ceste.

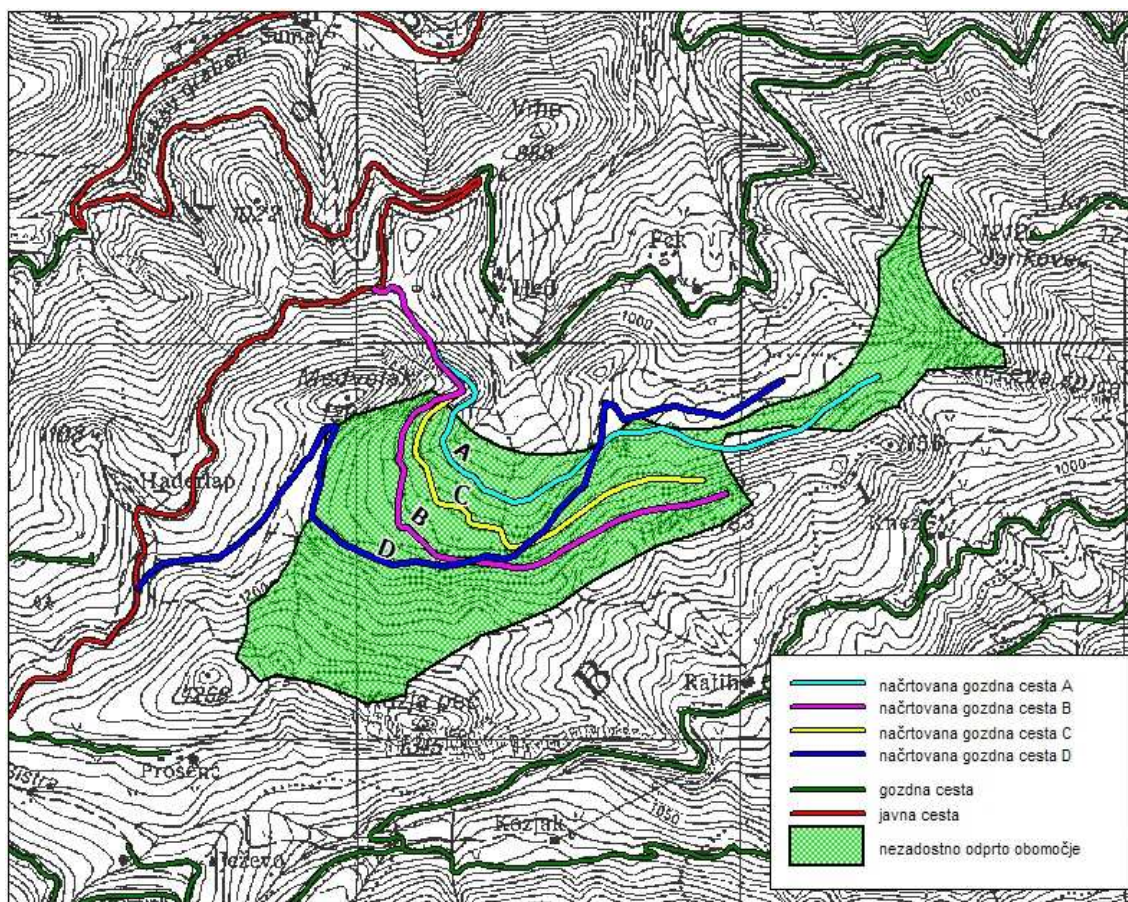


Slika 50: Primernost nezadostno odprtega območja za gradnjo gozdnih cest

Figure 50: Suitability of insufficiently opened area for forest road construction

8.7.2 Načrtovane trase gozdne ceste

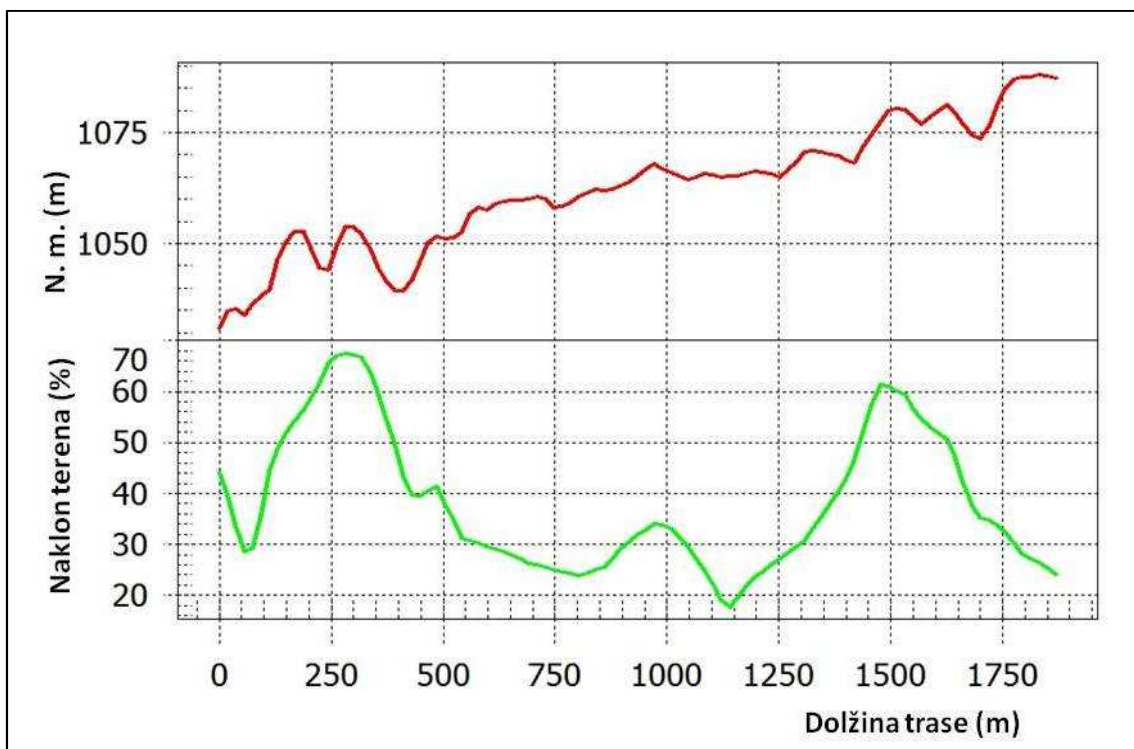
Obravnavano območje smo odpirali z gozdnimi cestami iz različnih izhodišč in s tem iskali načrtovano traso gozdne ceste, ki bi v največji možni meri upoštevala večnamensko vlogo gozda. Pri odpiranju smo hkrati upoštevali terenske značilnosti obravnavanega območja in omejitve vzdolžnega naklona gozdnih cest. Poiskali smo štiri možne trase gozdnih cest, ki obravnavano območje odpirajo na različne načine.



Slika 51: Načrtovane trase gozdne ceste Haderlap

Figure 51: Planned routes of forest road Haderlap

Načrtovane trase novogradnje gozdnih cest A, B in C imajo skupno izhodišče v okviru ene gozdne posesti, nezadostno odprto območje pa nato odpirajo na različnih višinah. Načrtovana trasa novogradnje D je načrtovana iz drugega izhodišča, odpira dve gozdni posesti in zahteva soglasje več lastnikov gozda. Potek posameznih tras in naklone terena vzdolž tras podrobneje prikazujejo naslednje slike. Analiza naklonov terena in vzdolžni profili načrtovanih tras novogradenj gozdnih cest so bili narejeni s pomočjo modela reliefa na osnovi točk DMV 25.

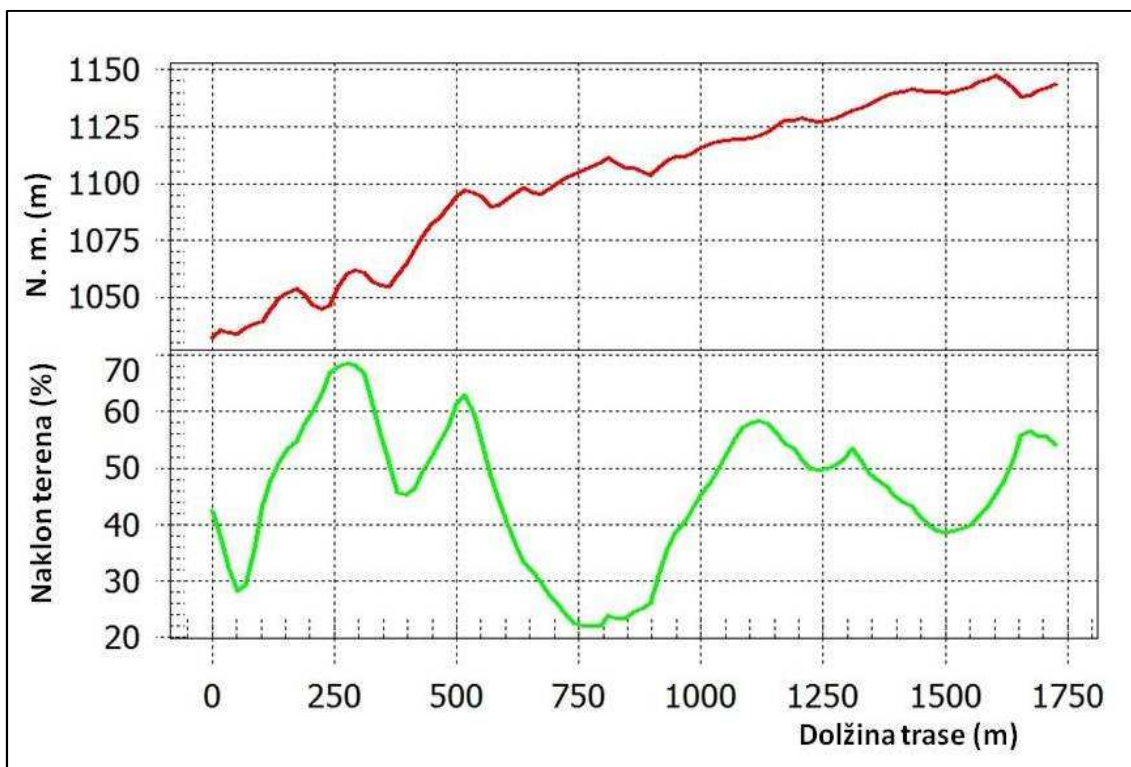


Slika 52: Načrtovana gozdna cesta A

Figure 52: Planned forest road A

Načrtovana trasa A se v smeri polne vožnje proti javni cesti ves čas spušča, njena dolžina pa znaša 1.870 m. Kritični odseki za gradnjo so pri dolžini trase 260 m in 1.500 m (Slika 52), kjer povprečni naklon terena na trasi presega 70 %. Načrtovana trasa v največji možni meri poteka po spodnjem robu nezadostno odprtega območja, kar je glede na prevladujočo vrsto spravila lesa s traktorjem ugodno. Povprečen vzdolžni naklon nivelete je 3,0 %.

Vzdolžni profil načrtovane trase B je podoben načrtovani trasi A (Slika 53).

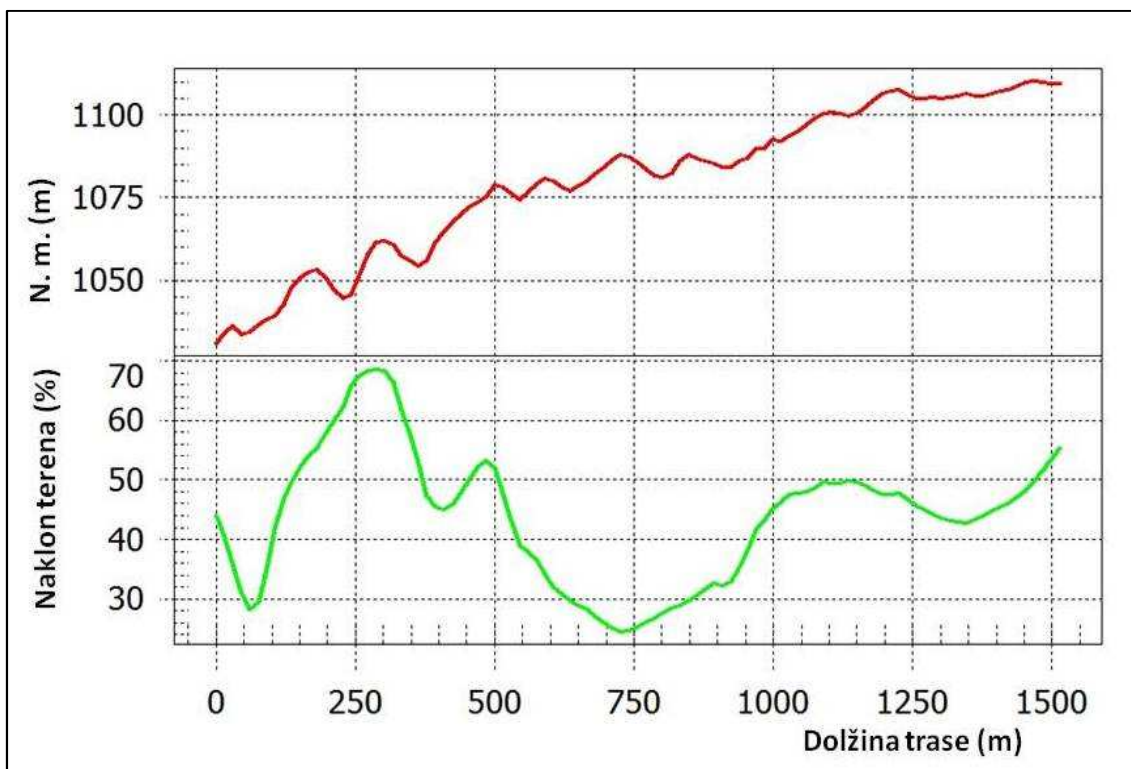


Slika 53: Načrtovana gozdna cesta B

Figure 53: Planned forest road B

Dolžina načrtovane trase B je 1.715 m in se v smeri polne vožnje proti javni cesti prav tako spušča. Kritični odseki za gradnjo so zaradi povprečnega naklona terena preko 70 % pri dolžini trase 260 m. Večji nakloni terena na načrtovani trasi so še pri 500 m. Trasa B je načrtovana preko sredine slabo odprtega območja, kar je zaradi prevladujočega spravila lesa s traktorjem manj ugodno. Povprečen vzdolžni naklon nivelete je 6,4 %.

Vzdolžni profil načrtovane trase C je podoben načrtovani trasi A in B.

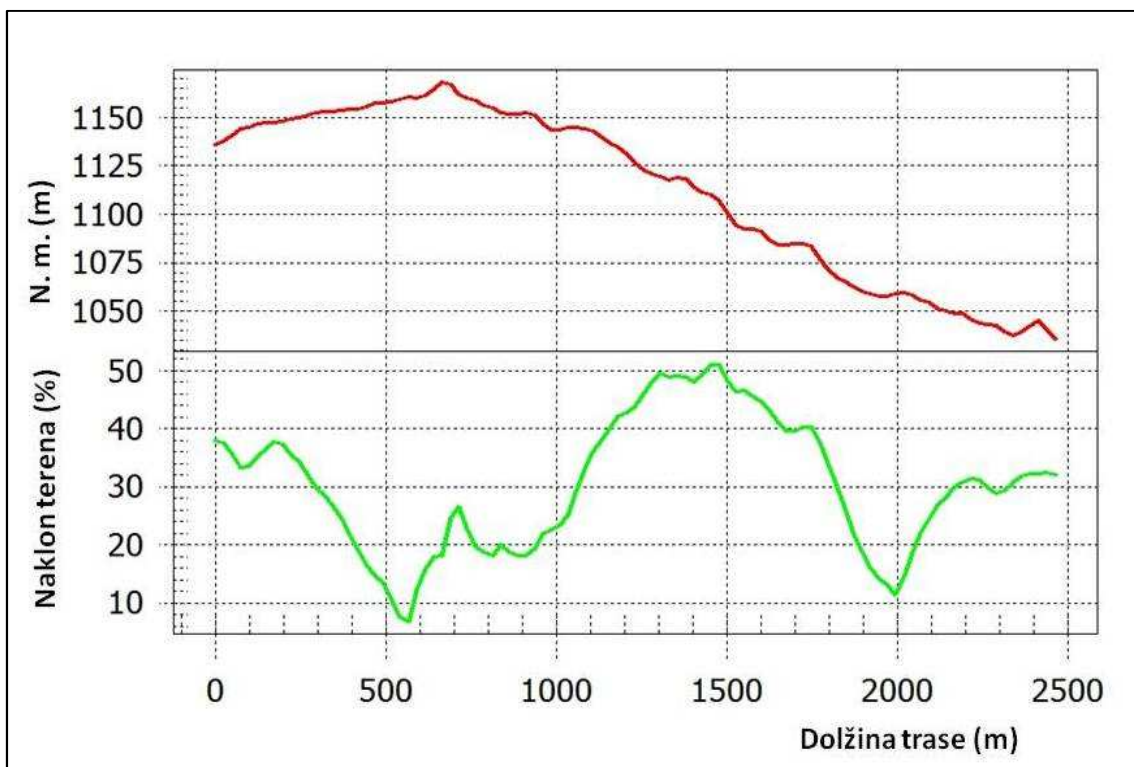


Slika 54: Načrtovana gozdna cesta C

Figure 54: Planned forest road C

Dolžina načrtovane trase C je 1.500 m in se v smeri polne vožnje proti javni cesti prav tako spušča (Slika 54). Zaradi povprečnega naklona terena preko 70 % je kritičen odsek za gradnjo pri dolžini trase 260 m. V nadaljevanju trase so nakloni terena ugodni. Trasa C je načrtovana med načrtovanima trasama A in B. Povprečen vzdolžni naklon nivelete je 5,2 %.

Načrtovana trasa D ima drugačno izhodišče in drugačen vzdolžni profil.



Slika 55: Načrtovana gozdna cesta D

Figure 55: Planned forest road D

Skupna dolžina trase D je 2.492 m in je najdaljša od vseh štirih načrtovanih tras (Slika 55). V smeri polne vožnje proti javni cesti se na dolžini 1.832 m najprej dviguje s povprečnim naklonom nivelete 7,3 %. Zadnjih 660 m se spušča, povprečen naklon nivelete pa je tu 5,2 %. Načrtovana trasa po višini razpolavlja nezadostno odprto območje. Zaradi povprečnega naklona terena, ki zgolj pri dolžini trase 1500 m preseže 50 %, je z vidika zahtevnosti gradnje in s tem povezanimi gradbenimi stroški načrtovana trasa D najbolj ugodna.

8.7.3 Tehnična presoja načrtovanih tras

Uspešnost polaganja gozdnih cest smo nato utemeljevali z izračunom povprečne teoretične pravilne razdalje od točk digitalnega modela višin DMV 25 v nezadostno odprtem območju in v nadaljevanju s koeficientom odprtosti.

Preglednica 40: Načrtovane povprečne teoretične pravilne razdalje in koeficienti odprtosti načrtovanih gozdnih cest

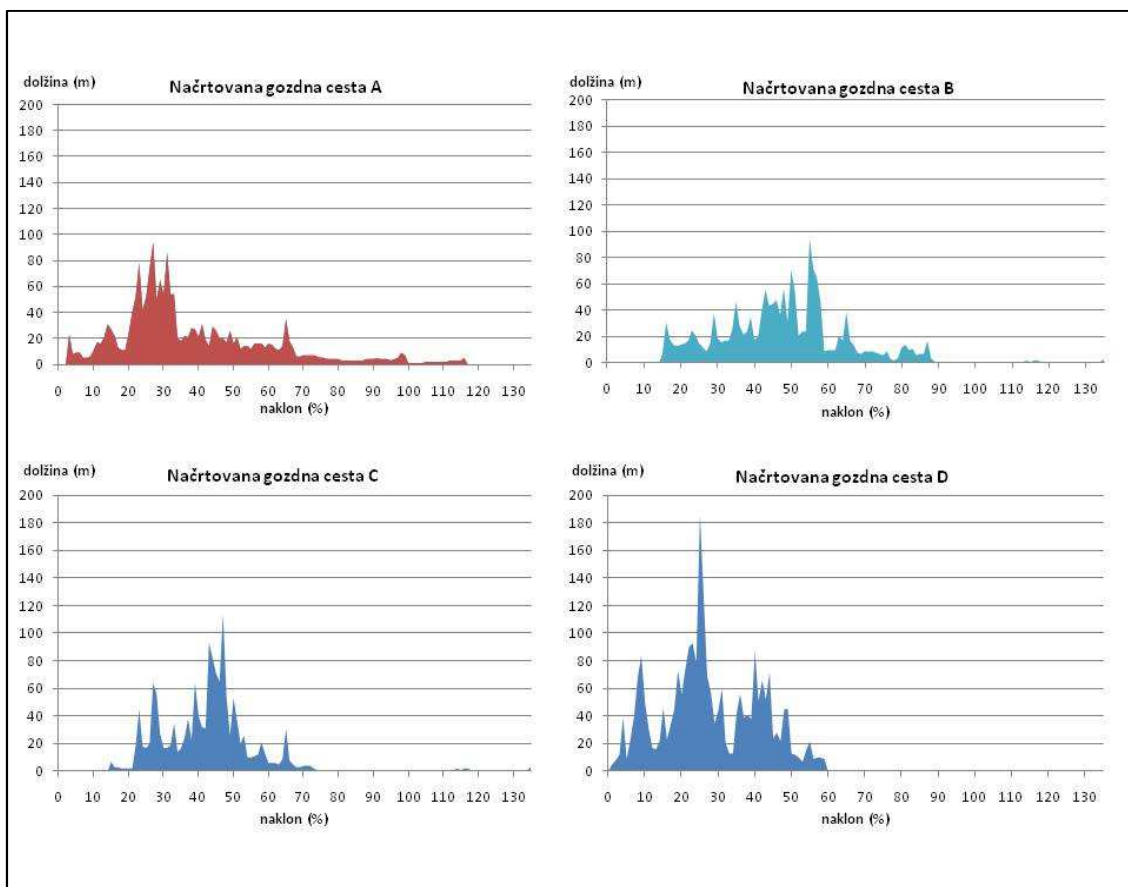
Table 40: Planned theoretical average skidding distances and accessibility coefficients by planned forest roads

Omrežje gozdnih cest	Načrtovana dolžina (m)	Teoretična pravilna razdalja (m)	Koeficient odprtosti - K_e
Varianta A	1.870	229,01	1,67
Varianta B	1.715	233,25	1,82
Varianta C	1.500	250,20	1,63
Varianta D	2.492	167,84	1,37

Povprečna teoretična pravilna razdalja je najmanjša pri načrtovani trasi D, ki je hkrati tudi najdaljša izmed vseh štirih načrtovanih tras. Pri načrtovani varianti C, ki ima najkrajšo načrtovano dolžino, ostaja povprečna teoretična pravilna razdalja najdaljša.

Pri izračunu koeficienta odprtosti smo upoštevali dolžine produktivnih odsekov načrtovanih gozdnih cest v območju študija primera, ker načrtovane gozdne ceste vplivajo na zmanjševanje pravih razdalj tudi izven območja študija primera. Glede na koeficiente odprtosti ima najbolj ugodno lego v prostoru načrtovana trasa D, najmanj ugodno lego pa načrtovana trasa B.

Na podlagi karte naklonov, izdelane na osnovi točk DMV5 s pomočjo orodja VERTICAL MAPPER v programu MAPINFO, je bila narejena nadaljnja ocena primernosti gradnje posamezne načrtovane trase gozdne ceste v nezadostno odprto območje.



Slika 56: Dolžine odsekov načrtovanih gozdnih cest pri različnih naklonih terena

Figure 56: Section lengths on planned forest roads by different terrain slopes

Podrobna analiza načrtovanih tras novogradenj gozdnih cest kaže na različno primernost posameznih tras zaradi naklonov terena ter z njimi povezanimi načrtovanimi izkopnimi količinami materiala in višinami odkopnih brežin.

Načrtovane trase A, B in C imajo skupno izhodišče in v določenem delu potekajo v izredno strmih terenih. Največji nakloni terena na načrtovani trasi A dosežajo 120 %, pri načrtovanih trasah B in C pa na krajših odsekih celo 140 %. Načrtovana trasa gozdne ceste D je z vidika naklonov terena najbolj sprejemljiva, saj največji nakloni terena ne presegajo 60 %.

8.7.4 Ekonomska presoja načrtovanih tras

Nadaljnja ocena ekonomske primernosti načrtovanih tras je bila narejena na osnovi skupnega zmanjšanja stroškov spravila in prevoza. Obravnavano nezadostno odprto območje je glede na opredeljene naklone terena po ureditvenih enotah

gozdnogospodarskega načrta primerno za spravilo lesa s traktorjem. Z načrtovano gradnjo gozdne ceste se zato ohranja vrsta spravila lesa, zaradi zmanjševanja teoretičnih pravih razdalj pa prihaja do zmanjševanja stroškov spravila lesa.

Zaradi povečanja skupne dolžine gozdnih cest se hkrati povečujejo stroški prevoza, ki so izračunani na podlagi dolžine posamezne načrtovane trase gozdne ceste, izračunanih letnih stroškov vzdrževanja ter stroškov zaradi trajne izgube rastne površine na kilometer gozdnih cest. Pri vzdrževanju načrtovanih gozdnih cest je upoštevana javna raba gozdnih cest, zato so načrtovani stroški vzdrževanja zmanjšani za sredstva, ki jih lokalna skupnost za vzdrževanje gozdnih cest dobi iz državnega proračuna. Pri izračunu povečanja stroškov prevoza so bili upoštevani stroški prevoza v višini 635,25 €/km/leto.

Preglednica 41: Zmanjšanje skupnih stroškov spravila in prevoza

Table 41: Reduction of total skidding and transport costs

Načrtovana gozdna cesta	Zmanjšanje stroškov spravila (€/leto)	Povečanje stroškov prevoza (€/leto)	Razlika (€/leto)
Varianta A	1.372	1.188	184
Varianta B	1.359	1.090	269
Varianta C	1.272	953	319
Varianta D	1.652	1.583	69

Zmanjšanje stroškov spravila je na vseh načrtovanih trasah večje kot pa povečanje stroškov prevoza, zato je gradnja posameznih načrtovanih tras ekonomsko utemeljena.

8.7.5 Presoja načrtovanih tras na osnovi večnamenske vloge gozda

Uspešnost polaganja načrtovanih tras gozdnih cest smo preverili z analizo primernosti z vidika večnamenske vloge gozda. Vrednosti točkovanja po posameznih načrtovanih cestah so izračunane kot povprečne vrednosti točkovanja po posameznih odsekih cest tehtane z dolžino odsekov cest.

Preglednica 42: Primernost načrtovanih gozdnih cest

Table 42: Suitability of planned forest roads

Načrtovana gozdna cesta	Povprečna vrednost točkovanja	Najmanjša vrednost točkovanja
Varianta A	13,10	11,03
Varianta B	12,85	11,54
Varianta C	13,17	11,54
Varianta D	13,52	12,92

Glede na primernost posameznih lokacij za gradnjo gozdnih cest je najprimernejša načrtovana trasa D, ki ima poleg največje povprečne vrednosti točkovanja trase tudi najvišjo spodnjo vrednost točkovanja. Ostale tri načrtovane trase novogradnje gozdnih cest so manj primerne tako v povprečni vrednosti točkovanja kot tudi glede na najmanjšo vrednost točkovanja.

8.7.6 Skupna presoja načrtovanih tras

Načrtovane trase gozdne ceste Haderlap se med seboj razlikujejo v več elementih. Z vidika uspešnosti polaganja se kaže najprimernejša načrtovana trasa D, ki pri sicer največji skupni dolžini zagotavlja najnižji koeficient odprtosti. Večja skupna dolžina po drugi strani predstavlja večje skupne stroške prevoza in vzdrževanja gozdne ceste. Gradnja načrtovane trase D je pri letnem zmanjšanju stroškov spravila, ki presegajo povečanje stroškov prevoza, tudi ekonomsko utemeljena. Z ekonomskega vidika prinaša največje prihranke zaradi zmanjšanja stroškov spravila načrtovana trasa C.

Stroški gradnje se neposredno niso ugotavljali za nobeno izmed načrtovanih tras. Na težavnost gradnje posamezne načrtovane trase smo sklepali na osnovi dolžin odsekov po naklonih terena. Načrtovana trasa D ima kljub večji dolžini zaradi manjših naklonov terena na trasi pričakovane najnižje stroške gradnje. Druge tri načrtovane trase imajo zaradi skupnega izhodišča in prečkanja izredno strmega pobočja z nakloni terena preko 100 % pričakovane višje stroške gradnje.

Presoja načrtovanih tras na osnovi večnamenske vloge gozda obravnavanega območja prav tako kaže traso D kot najbolj primerno izmed vseh štirih načrtovanih tras. Skupna vrednost točkovanja je najvišja, hkrati pa je najmanj kritičnih odsekov z najnižjo vrednostjo točkovanja.

Končna odločitev o izbiri načrtovane trase gozdne ceste ostaja stvar dogovora lastnikov in solastnikov gozdov obravnavanega območja in njihovega medsebojnega sodelovanja.

9 RAZPRAVA IN SKLEPI

9.1 RAZPRAVA

V raziskavi smo proučevali možnosti zgoščevanja omrežja gozdnih cest v večnamenskem gozdu ob upoštevanju vseh vlog gozda hkrati. Izbrani objekt raziskovanja je bila občina Črna na Koroškem s specifičnimi reliefnimi in demografskimi značilnostmi in specifičnim omrežjem gozdnih in javnih cest. Raziskavo smo razdelili na več poglavij, zato so tudi rezultati raziskave predstavljeni v več sklopih. Nekatere obrazložitve rezultatov so bile predstavljene že ob samih analizah.

9.1.1 Analiza obstoječega stanja

Z analizo obstoječega stanja smo najprej proučili stanje omrežja gozdnih in javnih cest, stroške spravila lesa, stroške vzdrževanja gozdnih cest in stroške zaradi trajne izgube rastne površine.

V območju raziskovanja je na podlagi katastra gozdnih cest (Kataster gozdnih cest ..., 2007a, Kataster gozdnih cest ..., 2007b) evidentirano 421,9 km cest od tega je 304,1 km gozdnih cest. Povprečna odprtost območja raziskovanja izračunana na podlagi skupne dolžine vseh cest (Kataster gozdnih cest ..., 2007) in celotne površine območja raziskovanja znaša 27,06 m/ha in je 0,84 m/ha višja kot povprečna odprtost gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega ..., 2012). Poleg visoke povprečne odprtosti obravnavanega območja je visoka tudi gostota produktivnih gozdnih cest izračunana na površino večnamenskih gozdov (Preglednica 29). Gostota produktivnih gozdnih cest znaša 21,92 m/ha in presega načrtovano gostoto gozdnih cest opredeljeno v gozdnogospodarskem načrtu gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega ..., 2012), ki naj bi po dograditvi načrtovanih odsekov gozdnih cest znašala 21,23 m/ha. Osnovna analiza obstoječega stanja in izračunani kazalci odprtosti ne nakazujejo potrebe po nadaljnjem zgoščevanju omrežja gozdnih cest.

Nadaljnja analiza stanja odprtosti po transportnogravitacijskih enotah kaže na večje razlike v odprtosti s produktivnimi gozdnimi in javnimi cestami (preglednica 31). Največja gostota produktivnih gozdnih cest je v transportnogravitacijski enoti Jazbina (29,39 m/ha) in najslabša v transportnogravitacijski enoti Javorje (12,91 m/ha). Transportnogravitacijske enote, kjer je povprečna gostota produktivnih gozdnih cest nižja kot načrtovana gostota gozdnih cest opredeljena v gozdnogospodarskem načrtu

gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega ..., 2012) so še Ludranski vrh (20,30 m/ha), Bistra (20,95 m/ha), Koprivna (19,06 m/ha) in Topla (21,84 m/ha).

Razlika v povprečni odprtosti s produktivnimi gozdnimi cestami (preglednica 30) je tudi med območji, kjer je predvideno traktorsko spravilo lesa (25,49 m/ha) in območji z žičnim spravilom lesa (14,50 m/ha). Območja, kjer je predvideno spravilo lesa s traktorjem so že sedaj dobro odprta in glede na načrtovano gostoto gozdnih cest gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega ..., 2012) nadaljnje zgoščevanje ni potrebno. Odprtost območij z načrtovanim spravilom lesa z žičnico je pričakovano slabša. Pogojena je z reliefnimi pogoji, ki onemogočajo šablonsko polaganje cest v prostor, hkrati pa zaradi zahtevnosti gradnje povečujejo stroške gradnje gozdnih cest. Načrtovanje zgoščevanja omrežja gozdnih cest je v območjih z žičnim spravilom lesa pričakovano, vendar ob omejitvah zaradi naklona terena in predpisanih tehničnih elementov gozdnih cest ni vedno možno.

Nadaljnja analiza odprtosti območja raziskovanja poleg visoke gostote omrežja gozdnih cest kaže tudi na neugoden razpored teh cest v prostoru. Koeficient odprtosti (K_e) za celotno območje raziskovanja znaša 2,09. To pomeni, da je povprečna teoretična pravilna razdalja, izračunana od točk DMV 25, daljša od povprečne teoretične pravilne razdalje, izračunane iz gostote omrežja gozdnih cest za 109 %. Bistvene razlike so tudi med koeficienti odprtosti po posameznih transportnogravitacijskih enotah. V transportnogravitacijski enoti Jazbina smo predhodno izračunali najvišjo skupno gostoto produktivnih javnih in gozdnih cest. Dejansko imamo opravka z veliko gostoto omrežja cest, ki pa so neugodno razporejene v prostoru. Razmerje med teoretičnimi pravilnimi razdaljami je posledično neugodno ($K_e = 2,60$) in v primerjavi z ostalimi transportnogravitacijskimi enotami najslabše. Omrežje cest je v transportnogravitacijski enoti Koprivna kljub nizki gostoti bistveno bolj razporejeno ($K_e = 1,98$). Najugodnejše razmerje med povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami pa je kljub nizki gostoti omrežja cest v transportnogravitacijski enoti Javorje ($K_e = 1,82$).

Visoki koeficienti odprtosti so poleg značilnosti preteklega odpiranja gozda tudi posledica reliefnih pogojev in predpisanih tehničnih elementov cest, ki v strmih terenih odločilno vplivajo na načrtovanje gozdnih cest.

9.1.2 Ekonomska utemeljitev gradnje gozdnih cest

Ekonomske utemeljene gostote omrežja gozdnih cest temelji na najmanjših skupnih stroških spravila in prevoza. Z zgoščevanjem omrežja gozdnih cest padajo stroški

spravila ob hkratnem naraščanju stroškov prevoza (slika 20). V raziskavi je glede na opredeljene vhode optimalna gostota gozdnih cest odvisna od stroškov spravila lesa, stroškov zaradi trajne izgube rastne površine in stroškov vzdrževanja gozdnih cest.

V območju raziskovanja so najnižji stroški spravila lesa s traktorjem (preglednica 22). Brez upoštevanja bonifikacij za spravilo znašajo 5,46 €/m³ in so izračunani za 68,82 % načrtovanega poseka v območju raziskovanja. Pogojeni so z dobro odprtostjo gozdov s cestami v območjih s traktorskim pravilom lesa (25,49 m/ha). Strošek spravila lesa z žičnico znaša 13,26 €/m³ in je izračunan za 30,35 % načrtovanega poseka v območju raziskovanja. Višji strošek žičnega spravila je rezultat slabše odprtosti z gozdnimi cestami v območjih z žičnim pravilom lesa (14,50 m/ha) in posledično daljših povprečnih pravih razdalj. Manjša gostota omrežja gozdnih cest in višji strošek spravila pa predstavljata pomembno rezervo pri ekonomskem utemeljevanju nadaljnega zgoščevanja omrežja gozdnih cest. V območju raziskovanja je najdražje ročno spravilo lesa (34,31 €/m³). Načrtovano je kot predpravilo v območjih primernih za žično spravilo lesa in s pravih razdaljami izven dosega žičnih naprav. Delež ročnega spravila predstavlja zgolj 0,83 % načrtovanega poseka v območju raziskovanja in ne daje pomembnih možnosti pri ekonomskem utemeljevanju nadaljnega zgoščevanja omrežja gozdnih cest.

Glede na ugotovljene razlike v gostotah produktivnih gozdnih cest med posameznimi transportnogravitacijskimi enotami so bile pričakovane tudi razlike v stroških spravila lesa, ki v posameznih transportnogravitacijskih enotah odstopajo od izračunanih povprečnih stroškov spravila lesa (8,00 €/m³). Nadpovprečni stroški spravila lesa nastopajo v transportnogravitacijskih enotah Topla (10,09 €/m³) in Bistra (8,92 €/m³), kjer je načrtovanega 46,99 % poseka lesa celotnega območja raziskovanja. Pogojeni so z nadpovprečnimi deleži žičnega in ročnega spravila lesa (slika 19) in visokimi koeficienti odprtosti v teh dveh transportnogravitacijskih enotah. Ob gostotah omrežja produktivnih cest, ki so blizu povprečja celotnega območja raziskovanja (preglednica 31) ostajajo teoretične pravih razdalje v teh dveh transportnogravitacijskih enotah nadpovprečno dolge. Transportnogravitacijski enoti Bistra in Topla predstavljata z ekonomskega vidika pomembno rezervo za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest.

Pri oblikovanem modelu zgoščevanja omrežja gozdnih cest so pri ekonomskem utemeljevanju poleg stroškov spravila lesa pomembni stroški vzdrževanja gozdnih cest. Načrtovani ukrepi vzdrževanja gozdnih cest (Uredba o pristojbini ..., 1994) so podani ob predpostavki, da je bila gradnja gozdnih cest ustrezno načrtovana, da so bile gozdne ceste v celoti zgrajene in da vzdrževanje gozdnih cest izvaja redno in v ustreznem obsegu. Izračunani letni stroški tekočega in periodičnega vzdrževanja gozdnih cest na območju raziskovanja pri danih pogojih znašajo 738,58 €/km (preglednica 24 in

preglednica 25). Načrtovana vzdrževalna dela se zaradi priznane javne rabe gozdnih cest deloma financirajo s sredstvi državnega proračuna (Pravilnik o financiranju ..., 2004). Pri ekonomskem utemeljevanju optimalne gostote omrežja gozdnih cest smo zato upoštevali letne stroške vzdrževanja gozdnih cest (608,58 €/km), ki so zmanjšani za višino sofinanciranja vzdrževanja gozdnih cest s sredstvi državnega proračuna.

Pri ekonomskem utemeljevanju optimalne gostote omrežja gozdnih cest smo upoštevali še stroške zaradi trajne izgube rastne površine. Izračunan strošek 10,65 €/ha/leto (preglednica 26) je določen na osnovi povprečnega katastrskega dohodka v območju raziskovanja. Na izračun optimalne gostote omrežja gozdnih cest vpliva enako kot strošek vzdrževanja gozdnih cest. Z naraščanjem gostote omrežja gozdnih cest se povečujejo stroški zaradi trajne izgube rastne površine in hkrati zmanjšuje optimalna gostota omrežja gozdnih cest. Posledično to vodi k povečanju širine pasu, ki ga naj posamezna gozdna cesta odpira.

V območju raziskovanja smo pri izračunanih stroških spravila lesa (preglednica 23), stroških vzdrževanja gozdnih cest (preglednica 24 in preglednica 25) in stroških zaradi trajne izgube rastne površine (preglednica 26) izračunali najmanjše skupne stroške spravila in prevoza pri gostoti omrežja gozdnih cest 12,31 m/ha. Širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta odpira, je v tem primeru 812,35 m in povprečna teoretična pravilna razdalja 203,09 m. Izračunana ekonomsko utemeljena optimalna gostota omrežja gozdnih cest zaradi velike širine pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira, daje omejene možnosti zgoščevanja obstoječega omrežja gozdnih cest. Neizpolnjenosti odprtih območij večnamenskih gozdov izven širine pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira, je v tem primeru 473 ha.

Izračun ekonomsko utemeljene optimalne gostote omrežja gozdnih cest temelji na izračunanih stroških spravila in prevoza. Zaradi sprememb načrtovane količine lesa za posek v ureditvenem obdobju, spremembe višine stroškov vzdrževanja gozdnih cest in stroškov spravila lesa prihaja do bistvenih razlik v izračunu ekonomsko utemeljene optimalne gostote gozdnih cest (slika 26). Ob upoštevanju povečanja načrtovanega poseka v mejah med 0 % in 50 %, ob upoštevanju bonifikacij spravila lesa v mejah med 0 % in 20 % ter ob različnem načinu upoštevanju sredstev državnega proračuna za sofinanciranje vzdrževanja gozdnih cest se optimalna gostota omrežja gozdnih cest lahko od prvotno izračunanih 12,31 m/ha poveča tudi do 19,06 m/ha. Glede na 51,2 % dvig največje možne količine lesa za posek v gozdnogospodarski enoti Mežica (Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske ..., 2010) in pričakovan dvig največje možne količine lesa za posek v gozdnogospodarski enoti Črna - Smrekovec, je pričakovan 40 % dvig skupne količine lesa za posek v območju raziskovanja. Ob upoštevanju 10 % bonifikacij spravila lesa v območju raziskovanja in na osnovi

izračunanega deleža vzdrževanja gozdnih cest za potrebe gozdne proizvodnje (0,83) je bila izračunana in v nadaljnji raziskavi uporabljena ekonomsko utemeljena optimalna gostota omrežja gozdnih cest 17,42 m/ha. Ta je sicer nižja od izračunane obstoječe gostote omrežja produktivnih gozdnih cest (17,62 m/ha), vendar zaradi neugodne prostorske razporeditve obstoječega omrežja gozdnih cest ostajajo posamezna območja nezadostno odprta. Izločena so na podlagi izračunane širine pasu 574 m, ki ga naj pri optimalni gostoti omrežja posamezna cesta odpira.

9.1.3 Oblikovanje modela reliefa

Za potrebe načrtovanja zgoščevanja omrežja gozdnih cest smo na osnovi oblikovane mreže točk DMV 25 (Digitalni model višin, 2010) s pomočjo orodja VERTICAL MAPPER izdelali karto naklonov terena. Na tej podlagi smo oblikovali mrežo kardinalnih točk, ki nam je služila kot osnova za polaganje gozdnih cest v prostor. V izbranih nezadostno odprtih območjih, kjer je bila potrebna podrobna ekonomska analiza, smo načrtovali gozdne ceste na osnovi karte naklonov terena, izdelane na osnovi točk DMV 5. Karto naklonov terena na osnovi točk DMV 5 smo primerjali s karto naklonov terena oblikovano na osnovi podatkov gozdnogospodarskih načrtov. Primerjava je bila narejena za površine pokrite z gozdom in je pomembna zaradi opredelitev vrste spravila po ureditvenih enotah. Po podatkih gozdnogospodarskih načrtov je 30,16 % površin primernih za spravilo s traktorjem. Pri uporabi podatkov DMV 5 pa znaša delež površin primernih za spravilo s traktorjem 36,65 %. Ugotovljena razlika kaže na potrebo po preverjanju vrednosti naklonov terena, ki so opredeljene v gozdnogospodarskih načrtih.

9.1.4 Primerjalno odpiranje z gozdnimi cestami

Značilnost obstoječega omrežja gozdnih cest je velika gostota gozdnih cest, ki prostorsko niso najboljše razporejene, kar smo potrdili s koeficientom odprtosti (preglednica 32). S primerjalnim odpiranjem gozda z gozdnimi cestami na podlagi oblikovanega omrežja javnih cest in ob upoštevanju lesnoproizvodne vloge gozda smo oblikovali omrežje gozdnih cest, ki prvenstveno odpirajo gozd. Odpiranje kmetij in zaselkov pa je zaradi specifičnih potreb po vzdrževanju in s tem prilagojenega standarda vzdrževanja v tem primeru predvideno s sistemom javnih cest.

Skupna dolžina oblikovanega primerjalnega omrežja gozdnih cest znaša 235,3 km. V primerjavi z obstoječim omrežjem gozdnih cest je skupna dolžina 68,8 km manjša in hkrati zagotavlja 3,7 % zmanjšanje povprečnih teoretičnih spravilnih razdalj (preglednica 35). Posledično to pomeni nižje stroške spravila lesa in nižje stroške vzdrževanje gozdnih cest. Delež produktivnih gozdnih cest primerjalnega omrežja znaša

98,12 % in je za 2,06 % višji kot je delež produktivnih gozdnih cest obstoječega omrežja. Z oblikovanim primerjalnim omrežjem smo dosegli tudi zmanjšanje koeficientov odprtosti v vseh transportnogravitacijskih enotah in skupno za celotno območje raziskovanja iz 1,82 na 1,49 (slika 32). Na podlagi obstoječega omrežja javnih cest bi bilo možno v preteklosti zgolj ob upoštevanju ekonomsko tehnoloških kriterijev bolj učinkovito odpreti gozd tudi z manjšo skupno dolžino gozdnih cest.

9.1.5 Utemeljitev gradnje in rabe gozdnih cest na osnovi večnamenske vloge gozda

Večnamenska vloga gozda je bila pri načrtovanju gradnje in rabe gozdnih cest upoštevana na podlagi vrednotenja vlog gozda po metodi parnih primerjav in na tej osnovi določenih uteži posameznih vlog gozda (preglednica 37). V obravnavanem območju je bila kot najpomembnejša opredeljena lesnoproizvodna vloga gozda. Sledijo ji varovalna, hidrološka, biotopska, lovno gospodarska in zaščitna vloga. Socialne vloge gozda so v primerjavi z ostalimi vlogami obravnavanega območja manj pomembne.

Po standardizaciji vlog gozda je bila ob upoštevanju uteži posameznih vlog izdelana karta primernosti posameznih ureditvenih enot za gradnjo in rabo gozdnih cest. Glede na izračunane vrednosti po posameznih ureditvenih enotah, ki se v območju raziskovanja gibljejo v mejah med 7,91 in 15,49, smo interval razdelili na štiri razrede z enako širino razreda. Po primernosti za gradnjo gozdnih cest so ureditvene enote razdeljene na: neprimerne, manj primerne, primerne in najbolj primerne. Nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest je bilo med vsemi kategorijami gozda načrtovano samo v večnamenskih gozdovih. Površina večnamenskih gozdov, kjer je gradnja gozdnih cest najbolj primerna je 431,85 ha, primerna je na 5.579,47 ha in manj primerna na 4.804,27 ha. Z vidika večnamenske vloge gozda je gradnja gozdnih cest neprimerna zgolj na 1,07 ha večnamenskih gozdov. Nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest je tako z vidika večnamenske vloge gozda v osnovi utemeljeno na delu površine večnamenskih gozdov.

Poleg utemeljitve gradnje gozdnih cest na osnovi večnamenske vloge gozda je potrebno nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest tudi ekonomsko utemeljiti. Na osnovi širine pasu, ki ga naj posamezna gozdna cesta pri ekonomsko utemeljeni optimalni gostoti omrežja gozdnih cest odpira, je bila izračunana nezadostna odprtost na 11,71 % površine večnamenskih gozdov v obravnavanem območju (slika 36). Nezadostno odprta območja so različnih oblik in velikosti in zaradi tega niso vsa primerna za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest. Največje potrebe po nadaljnjem zgoščevanju omrežja gozdnih cest so v transportnogravitacijskih enotah Topla, Bistra in Koprivna, kjer je skupno 74,74 % vseh površin oziroma 80,40 % načrtovanega poseka nezadostno

odprtih območij večnamenskih gozdov. Najmanj potreb po nadaljnjem zgoščevanju omrežja gozdnih cest je v transportnogravitacijskih enotah Javorje in Polovec.

Po osnovni ekonomski presoji utemeljenosti zgoščevanja omrežja gozdnih cest v posamezno nezadostno odprto območje je bilo izločenih 603,66 ha območij, kjer je zaradi velikosti in oblike nezadostno odprtega območja načrtovana gradnja gozdnih cest ekonomsko neutemeljena. V preostalih 684,17 ha nezadostno odprtih območij, razdeljenih na trinajst manjših zaokroženih območij, so obstoječi stroški spravila višji od načrtovanih stroškov prevoza. Za vsako izbrano nezadostno odprto območje je bila zato narejena podrobna analiza stroškov spravila in prevoza pri obstoječih in načrtovanih pravih pogojih. Na podlagi izdelane karte terena in ob upoštevanju primernosti posamezne ureditvene enote za gradnjo gozdnih cest so bile v posamezna nezadostno odprta območja načrtovane gozdne ceste. Načrtovane gozdne ceste so bile prilagojene največjemu dovoljenemu vzdolžnemu naklonu nivelete (12 %) in naklonu terena (70 %). Za potrebe odpiranja nezadostno odprtih območij je bilo načrtovanih 13 novih gozdnih cest v skupni dolžini 26,416 km (slika 40).

Po presoji primernosti z vidika večnamenske vloge gozda je od načrtovanih 13 novih gozdnih cest ostalo primernih samo 6 cest v dolžini 16,583 km (preglednica 38). Ob podrobni ekonomski analizi stroškov spravila in prevoza (preglednica 39) pa štiri načrtovane gozdne ceste v skupni dolžini 8,718 km (slika 41). Ob hkratnem upoštevanju ekonomskih kriterijev in večnamenske vloge gozda na koncu ostaneta primerni samo načrtovani cesti Haderlap in Štoparjevo v skupni dolžini 4,974 km. Ostalih enajst načrtovanih gozdnih cest ne izpolnjuje obeh pogojev hkrati in pri danih pogojih niso primerne za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest.

Karta primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest je hkrati podlaga za presajo primernosti javne rabe obstoječega omrežja gozdnih cest. V ureditvenih enotah, kjer nadaljnje zgoščevanje z vidika večnamenske vloge gozda ni možno, je smotrno omejiti javno rabo gozdnih cest s trajno ali začasno zaporo. Javna raba obstoječega omrežja gozdnih cest je sedaj omejena s 14 zaporami na 42,772 km gozdnih cest (slika 42). Glede na večnamensko vlogo gozda bi bila potrebna omejitev javne rabe na 61,356 km gozdnih cest. Pri tem bi bilo potrebno odpraviti zapore na 25,970 km gozdnih cest in za javno rabo dodatno zapreti 44,554 km gozdnih cest (slika 46). Razlike med obstoječo in načrtovano omejitvijo javne rabe gozdnih cest so tako v skupni dolžini kot tudi v izboru zaprtih odsekov gozdnih cest. Obstoječe zapore so večinoma pogojene s poudarjeno biotopsko vlogo gozda, deloma pa z interesi posameznih lastnikov gozdov. Načrtovane zapore gozdnih cest pa so določene izključno na opredeljeni večnamenski vlogi gozdov. Omejitev javne rabe je določena na podlagi odsekov gozdnih cest, ki so na osnovi

večnamenske vloge gozdov opredeljeni kot neprimerni za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest.

9.1.6 Študij primera

Študij primera je bil narejen na primeru nezadostno odprtega območja večnamenskih gozdov Haderlap. Nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest je tu ekonomsko utemeljeno, območje pa je med vsemi nezadostno odprtimi območji opredeljeno kot najbolj primerno za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest. Zaradi specifične lege obravnavanega območja je bilo podrobno načrtovanje odpiranja narejeno iz dveh različnih izhodišč na javni cesti in s štirimi načrtovanimi trasami gozdnih cest, ki obravnavano območje odpirajo na različne načine (slika 51). Načrtovane trase A, B in C imajo izhodišče na javni cesti v okviru iste gozdne posesti in se v smeri polne vožnje proti javni cesti spuščajo. Zaradi načrtovane gradnje v predelu z naklonom terena do 140 % so pričakovani višji stroški gradnje, večji je tudi poseg v prostor zaradi visokih odkopnih brežin in nestabilnih nasipnih brežin. Z vidika večnamenske vloge gozda so v primerjavi z načrtovano traso D manj primerne. Načrtovana trasa gozdne ceste D je zaradi drugega izhodišča na javni cesti načrtovana v območju z nakloni terena do 60 %, vendar njen začetek ni v okviru iste gozdne posesti. Zaradi zagotavljanja sodelovanja več lastnikov gozda to predstavlja dodaten problem. Načrtovana trasa D zaradi manjših naklonov terena predstavlja manjši poseg v prostor in nižje stroške gradnje v primerjavi z načrtovanimi trasami A, B in C (slika 56).

Načrtovana trasa D ima najbolj ugoden koeficient odprtosti ($K_e = 1,37$), na načrtovanih trasah gozdnih cest A, B in C pa so vrednosti koeficienta odprtosti med 1,63 in 1,82. Načrtovana trasa D ima najbolj optimalno lego v prostoru, kar dolgoročno pomeni najbolj ugodno razmerje med stroški spravila in prevoza.

Neposredni stroški gradnje gozdne ceste v raziskavi niso bili izračunani, zato je ocena ekonomske primernosti načrtovanih tras narejena na osnovi skupnega zmanjšanja stroškov spravila in prevoza. Največje letne prihranke (319,28 €/leto) zagotavlja načrtovana trasa C (preglednica 41). Načrtovana trasa D, ki je s tehnološkega vidika bistveno bolj primerna, pa zagotavlja najmanjše letne prihranke pri stroških spravila in prevoza (69,42 €/leto). Načrtovani prihranki na vseh načrtovanih trasah dolgoročno zagotavljajo povrnitev osnovne naložbe, ki jo predstavlja gradnja gozdne ceste. Ob določeni višini stroškov gradnje posamezne načrtovane trase pa bi bilo možno izračunati tudi dobo vračanja osnovne naložbe.

Na osnovi večnamenske vloge gozda je med vsemi štirimi načrtovanimi trasami najbolj primerna načrtovana trasa D tako po povprečni kot tudi po najnižji vrednosti točkovanja

posameznega odseka načrtovane gozdne ceste (preglednica 42). Poteka preko ureditvenih enot, ki so primerne oziroma najbolj primerne za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest. Primernost ostalih treh načrtovanih tras je zaradi prehoda preko območja z nakloni terena preko 100 % v določenih odsekih cest opredeljena kot manj primerna.

Ob prednostih in slabostih posameznih načrtovanih tras glede na ekonomske in tehnične kriterije ter na osnovi večnamenske vloge gozdov končna odločitev o izbiri načrtovane trase gozdne ceste ni enostavna. Zaradi splošne primernosti izbranega nezadostno odprtega območja Haderlap pa izbira katerekoli izmed štirih načrtovanih tras ostaja sprejemljiva z vidika večnamenske vloge gozda.

9.1.7 Celovita evalvacija rezultatov raziskave

V območju raziskovanja je bila ob danih terenskih razmerah, pravilnih pogojih in ob specifičnem naboru pravilnih sredstev izračunana ekonomsko utemeljena optimalna gostota omrežja gozdnih cest 17,42 m/ha. Zaradi posebnosti območja raziskovanja izračunane vrednosti optimalne gostote gozdnih cest ni možno uporabiti izven območja raziskovanja, možna pa je uporaba metode določevanja ekonomsko utemeljene optimalne gostote omrežja gozdnih cest na širšem nivoju. Podatek o optimalni gostoti gozdnih cest je pri tem pomemben za določevanje nezadostno odprtih območij. Ekonomska utemeljitev posamezne načrtovane trase gozdne ceste je narejena na osnovi razlike v stroških spravila in prevoza pred in po izgradnji gozdne ceste.

Utemeljitev zgoščevanja omrežja gozdnih cest na osnovi večnamenske vloge gozda je rezultat specifičnega nabora vlog gozda, stopnje njihove poudarjenosti in izračunanih uteži posameznih vlog v območju raziskovanja. Ekspertna skupina za vrednotenje vlog gozda pri tem pozna posebnosti obravnavanega območja, uporaba rezultatov njihovega ocenjevanja pa je možna zgolj na izbranem območju raziskovanja. Uporaba metode določevanja pomembnosti vlog gozda in oblikovanje karte primernosti za gradnjo gozdnih cest je na širšem nivoju možna, pri tem pa je potrebno oblikovati dovolj široko ekspertno skupino, ki pozna problematiko celotnega obravnavanega območja. Oblikovana karta primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest je zgolj osnovno vodilo za načrtovanje odpiranja nezadostno odprtih območij. Ob splošni primernosti nezadostno odprtega območja dejanski potek načrtovane trase poleg tehničnih pogojev določajo posamezne točke s poudarjenimi okoljskimi ali socialnimi vlogami gozda, ki jih je potrebno pri trasiranju na terenu upoštevati.

Oblikovana karta primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest je hkrati tudi podlaga za načrtovanje omejitev javne rabe gozdnih cest. Na gozdnih cestah, ki

potekajo preko območij, ki so za gradnjo gozdnih cest neprimerne ali manj primerne, je smiselno načrtovati omejitev javne rabe gozdnih cest. Karta primernosti je pri tem osnova za argumentirano utemeljitev omejevanja javne rabe gozdnih cest, ki je bila v preteklosti velikokrat nekritično izvedena.

Oblikovani model zgoščevanja omrežja gozdnih cest v večnamenskem gozdu daje odgovor o potrebah in možnostih nadaljnjega zgoščevanja omrežja za omejeno območje raziskovanja. Prikazuje način načrtovanja odpiranja gozdov ob hkratnem upoštevanju vseh vlog gozda in s tem na možnost zmanjševanje konfliktov pri nadaljnjem odpiranju gozdov s prometnicami.

9.2 SKLEPI

Pri načrtovanju odpiranja gozdov v preteklosti je bilo glavno vodilo zmanjševanje stroškov pridobivanja lesa in na ta način je bila upoštevana zgolj lesnoproizvodna vloga gozda. Zaradi nižjih stroškov gradnje so se gozdne ceste najprej gradile na lažje dostopnih terenih, ki so primerna za spravilo lesa s traktorjem. V predelih, ki so zaradi naklona terena bolj primerni za spravilo lesa z žičnicami, so se gozdne ceste gradile v manjšem obsegu. Predvidevali smo, da je gostota gozdnih cest na lahko dostopnih terenih, kjer prevladuje spravilo lesa s traktorji, višja kot na težko dostopnih terenih, kjer prevladuje spravilo lesa z žičnicami. Postavljeno hipotezo smo potrdili, saj je bila v ureditvenih enotah s traktorskim pravilom lesa ugotovljena gostota omrežja gozdnih cest 25,49 m/ha, v ureditvenih enotah z žičnim pravilom lesa pa 14,50 m/ha. Razlika je pogojena predvsem z možnostjo graditve gozdnih cest v različnih terenskih pogojih in z njimi povezanimi načrtovanimi stroški gradnje. Ti naraščajo z naklonom terena zaradi večjih količin izkopa materiala in zaradi sprememb kategorije terena, ki je pri večjih naklonih pričakovano višja.

Druga pomembna značilnost pretekle gradnje gozdnih cest je bilo načrtno odpiranje kmetij in zaselkov. Z vzpostavitvijo cestne povezave z dolino se je omogočala dnevna migracija v službo in šolo. Načelo zmanjševanja stroškov pridobivanja lesa se je na ta način pri načrtovanju gradnje gozdnih cest upoštevalo v manjši meri. Rezultat takšnega načrtovanja odpiranja gozdov je velika skupna dolžina obstoječega omrežja gozdnih cest, ki pa se zaradi neugodne prostorske razporeditve izgrajenih gozdnih cest odraža v dolgih pravilnih razdaljah. Predvidevali smo, da je možno s primerjalnim odpiranjem območja raziskovanja z gozdnimi cestami na osnovi ekonomskih kriterijev bolj učinkovito odpreti gozd z manjšo skupno dolžino gozdnih cest. Postavljeno hipotezo smo potrdili, saj smo ugotovili, da je možno z manjšo skupno dolžino gozdnih cest, ki so drugače razporejene v prostoru bolj učinkovito odpreti gozd v obravnavanem

območju. Ugotovitev smo podprli z zmanjšanjem povprečnih teoretičnih pravih razdalj in nižjimi stroški spravila lesa. Zaradi manjše skupne dolžine gozdnih cest so nižji tudi stroški prevoza.

Ekonomsko utemeljitev zgoščevanja obstoječega omrežja gozdnih cest v obravnavanem območju temelji na izračunu optimalne gostote gozdnih cest, pri kateri nastopajo najmanjši skupni stroški spravila in prevoza. V primeru, ko je dejanska gostota omrežja gozdnih cest manjša od izračunane optimalne, je nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest ekonomsko utemeljeno. Glede na značilnost preteklega polaganja gozdnih cest smo predvidevali, da kljub dejanski gostoti omrežja gozdnih cest v obravnavanem območju, ki presega izračunano optimalno gostoto, obstajajo nezadostno odprta območja. Postavljeno hipotezo smo potrdili z izločitvijo nezadostno odprtih območij, ki so izven širine pasu, ki ga naj posamezna gozdna cesta odpira pri ekonomsko utemeljeni optimalni gostoti omrežja cest. Ob danih reliefnih pogojih so pri obstoječem omrežju gozdnih cest nezadostno odprta območja različnih velikosti in oblik. V večjih nezadostno odprtih območjih je načrtovano gradnjo možno ekonomsko utemeljiti na osnovi večjega zmanjšanja stroškov spravila, kot znaša povečanje stroškov prevoza. V vseh ostalih pa zaradi značilnosti preteklega polaganja gozdnih cest nadaljnjo zgoščevanje omrežja gozdnih cest ni možno ekonomsko utemeljiti, zato ostajajo manjše ureditvene enote kljub veliki gostoti omrežja gozdnih cest nezadostno odprte.

Nezadostno odprta območja, kjer je možno načrtovano gradnjo gozdnih cest ekonomsko utemeljiti, so primerna za nadaljnjo presojo na osnovi večnamenske vloge gozda. V večnamenskem gozdu je poleg lesnoproizvodne vloge potrebno pri načrtovanih posegih v prostor upoštevati vplive tudi na druge vloge gozda. Predvidevali smo, da so zaradi različno poudarjenega pomena posameznih vlog gozda v ureditvenih enotah določeni predeli različno primerni za novogradnjo gozdnih cest. Na osnovi določenega relativnega pomena posamezne vloge gozda v proučevanem območju je bila izdelana karta primernosti posameznih ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest. Dejansko je bilo ugotovljeno, da kljub ekonomski upravičenosti posamezna nezadostno odprta območja z vidika vseh vlog gozda niso primerna za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest, zato gradnja v ta območja ni bila načrtovana.

Vloge gozda in njihova medsebojna razmerja se na izbranem območju z gradnjo gozdnih cest spreminjajo. Spremembe gredo na račun povečanja ali zmanjšanja števila vlog, spreminjanja relativnega pomena posamezne vloge in s tem do spreminjanja njihovega medsebojnega razmerja. Predvidevali smo, da z novogradnjo gozdnih cest prihaja do omejevanja posameznih vlog gozda in hkrati aktiviranja in razvoja drugih vlog gozda. S spreminjanjem števila in razmerja med vlogami gozda se hkrati spreminja tudi primernost posameznih lokacij za gradnjo novih gozdnih cest in primernost za rabo

obstoječega omrežja gozdnih cest. Postavljene hipoteze nismo potrdili, saj bodo prve spremembe nabora in pomena posameznih vlog gozda opredeljene z obnovo gozdnogospodarskih načrtov obeh gozdnogospodarskih enot v obravnavanem območju. Dejanski razvoj vlog gozda in njegov vpliv na gradnjo in rabo gozdnih cest pa bo opazen šele v daljšem časovnem obdobju.

Današnja spoznanja o številu in pomenu posameznih vlog gozda so vodilo pri načrtovanju zgoščevanja omrežja gozdnih cest. Nabor vlog gozda in njihov relativni pomen pa se spreminjata zaradi sprememb v gozdu in družbi. Spreminjanje relativnega pomena posameznih vlog gozda bo vodilo k spremembam primernosti posameznih ureditvenih enot za gradnjo in rabo gozdnih cest. Z načrtovanjem nadaljnega zgoščevanja omrežja gozdnih cest, predvsem pa z načrtovanjem rabe obstoječega omrežja gozdnih cest, se bo treba temu v prihodnosti ustrezno prilagajati.

10 POVZETEK

Pri načrtovanju omrežja gozdnih cest v preteklosti se je najprej upoštevala samo lesnoproizvodna vloga gozda, osnovi kriterij pa je bil zmanjševanje stroškov spravila lesa. S spoznanjem, da je za ohranjanje kulturne krajine potrebno ohranяти podeželje živo, so kasneje začeli pri načrtovanju odpiranja gozda upoštevati pomen povezovanja posameznih kmetij in zaselkov z dolino. S krepitvijo spoznanja o pomenu ostalih vlog gozda se je nazadnje v proces načrtovanja bolj ali manj enakovredno začelo vključevati tudi okoljske in socialne vloge gozda.

Problem vključevanja ostalih vlog gozda v proces načrtovanja odpiranja gozdov je njihovo vrednotenje, saj različne metode denarnega vrednotenja posameznih vlog gozda ne dajejo enakih rezultatov. Alternativa tovrstnemu vrednotenju je določanje relativnega pomena vlog na podlagi medsebojnih interakcij, kjer se upošteva relativni pomen posamezne vloge v primerjavi z vsemi ostalimi. S spremembami gostote omrežja gozdnih cest prihaja do spremembe rabe gozdnih cest in posledično do sprememb pomena posameznih vlog gozda. Načrtovana gostota omrežja gozdnih cest tako ni dokončen pojem, ampak je potrebna revizija ob vseh spremembah v gozdu, ki spreminjajo relativni pomen posameznih vlog gozda.

Dosedanje raziskave na področju optimiranja zgoščevanja omrežja gozdnih prometnic so obsežne. Posamezni avtorji obravnavajo področje gradnje gozdnih cest zgolj z ekonomskega, ekološkega ali tehnološkega vidika. V raziskavah so vplivni dejavniki na gostoto gozdnih cest vključeni ločeno oziroma v medsebojni interakciji omejenega obsega dejavnikov. Glede na opredeljeno večnamensko vlogo gozda je pri oblikovanju modela zgoščevanja omrežja gozdnih cest potrebno upoštevati vse vloge gozda hkrati.

Glavni cilj raziskovanja je bil ugotoviti dejansko gostoto omrežja gozdnih cest na podlagi obstoječega katastra gozdnih cest in hkrati ugotoviti možnosti za nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest po posameznih transportnogravitacijskih enotah. Ob upoštevanju večnamenske vloge gozda in večnamenske rabe gozdnih cest je bil naslednji cilj določiti območja, v katerih je gradnja gozdnih cest možna ob hkratnem upoštevanju vseh vlog gozda. S primerjalnim odpiranjem gozda na območju raziskovanja smo želeli pokazati na ekonomsko neupravičeno gradnjo gozdnih cest v preteklosti. Na koncu smo s študijem primera pokazali na kvaliteto novega pristopa odpiranja gozdov, ki pri načrtovanju upošteva vse vloge gozda hkrati.

Objekt raziskovanja je območje občine Črna na Koroškem z obstoječim omrežjem gozdnih cest. Značilnosti obstoječega omrežja gozdnih cest so velika skupna gostota in neenakomerna prostorska razporeditev. Posledice pretekle gradnje gozdnih cest so tudi

visoki stroški vzdrževanja in potrebe po dokončanju gradnje gozdnih cest. Na podlagi katastra gozdnih cest je v območju raziskovanja evidentiranih 421,9 km cest, od tega je 304,1 km gozdnih cest. V raziskavi je bilo celotno območje raziskovanja razdeljeno na 8 transportnogravitacijskih enot, ki so gravitacijsko zaključene celote in med sabo ločene z javnimi cestami. Transportnogravitacijske enote se med seboj razlikujejo v površini gozdov, lesni zalogi, načrtovanem poseku, vrstah in deležih spravila lesa ter reliefnih značilnostih.

Gradnjo gozdnih cest smo ekonomsko utemeljili na osnovi podatkov o količini lesa predvideni za posek v ureditvenem obdobju, stroških spravila lesa, stroških vzdrževanja gozdnih cest in stroških zaradi trajne izgube rastne površine.

Načrtovani posek je bil analiziran v gozdnogospodarski enoti Mežica in v gozdnogospodarski enoti Črna – Smrekovec. Obravnavano ureditveno obdobje v gozdnogospodarski enoti Mežica je bilo od leta 2000 do leta 2009, v gozdnogospodarski enoti Črna – Smrekovec pa od leta 2002 do leta 2011. Skupaj je bilo načrtovanega poseka 505.225 m^3 , od tega 89,1 % iglavcev in 10,9 % listavcev. Posek lesa je bil načrtovan v večnamenskih gozdovih in deloma v varovalnih gozdovih. V gozdovih s posebnim namenom posek lesa ni bil načrtovan.

Glede na opredeljene naklone terena in površine ureditvenih enot je v objektu raziskovanja na 58,3 % površine možno traktorsko spravilo, na preostalih 41,7 % površine pa je potrebno žično spravilo lesa. Zaradi predolгих spravljenih razdalj je na 10,3 % površin z opredeljenim žičnim pravilom potrebno ročno predspravilo lesa. Glede na celotno območje raziskovanja je ročno predspravilo lesa potrebno na 4,3 % površine gozdov obravnavanega območja. Zaradi različnih intenzitet poseka po ureditvenih enotah znaša delež traktorskega spravila glede na načrtovani posek 68,82 % in žičnega spravila 30,35 %. Delež ročnega spravila v tem primeru znaša samo 0,83 % od vsega načrtovanega poseka.

Stroški spravila lesa po posameznih ureditvenih enotah so bili izračunani na podlagi opredeljenih vrst spravila lesa, izračunanih dejanskih spravljenih razdalj, pogodbenih cen koncesionarja za delo v državnih gozdovih na območju raziskovanja in potrebnega števila ur, izračunanih na podlagi odredbe o določitvi normativov za dela v gozdovih. Povprečno odkazano drevo je bilo izračunano na podlagi analize evidence poseka za obdobje od leta 1994 do leta 2009. Izračunan strošek spravila lesa za spravilo s traktorjem znaša $5,46 \text{ €/m}^3$ in za spravilo z žičnico $13,26 \text{ €/m}^3$. Strošek ročnega spravila lesa je največji ($34,31 \text{ €/m}^3$), vendar v strukturi stroškov predstavlja samo 2,56 % skupnih stroškov. Z vidika stroškov spravila lesa sta najbolj neugodni transportnogravitacijski enoti Topla ($10,09 \text{ €/m}^3$) in Bistra ($8,92 \text{ €/m}^3$). Stroški spravila

v teh dveh enotah predstavljajo 55 % vseh stroškov spravila lesa in so deloma pogojeni z značilnostmi terena, v pretežni meri pa z gostoto omrežja gozdnih cest in njihovo razporeditvijo v prostoru. Najmanjši stroški spravila lesa so v transportnogravitacijskih enotah Javorje (5,57 €/m³) in Polovec (5,91 €/m³).

Stroški tekočega in periodičnega vzdrževanja gozdnih cest so bili izračunani na podlagi veljavnega cenika del izbranega izvajalca vzdrževanja gozdnih cest v občini Črna na Koroškem in predvidenega obsega del za vzdrževanje enega kilometra gozdnih cest, ob predpostavki, da so gozdne ceste v celoti dograjene, vzdrževanje na njih pa se izvaja redno. Skupno znašajo stroški tekočega in periodičnega vzdrževanja na območju objekta raziskovanja 738,58 €/km gozdnih cest.

Izračun stroškov zaradi trajne izgube rastne površine je bil narejen na osnovi katastrskega dohodka gozda za katastrski okraj Črna in katastrsko kulturo gozd. Glede na razporeditev gozdov po katastrskih razredih smo izračunali povprečni katastrski dohodek enega hektarja gozda, ki v območju raziskovanja znaša 10,65 €/ha.

Povprečna gostota omrežja cest v območju raziskovanja znaša 27,06 m/ha in je 0,84 m/ha višja od povprečne odprtosti gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec, kamor obravnavano območje sodi. Skupna gostota produktivnih in spojnih cest, preračunana na površino gozdov, znaša 24,28 m/ha, od tega je produktivnih cest 22,65 m/ha in spojnih cest 1,63 m/ha. V območju raziskovanja znaša gostota produktivnih gozdnih cest 17,62 m/ha in spojnih gozdnih cest 0,76 m/ha. Zaradi značilnosti preteklega odpiranja gozdov in vmesne prekategorizacije gozdov potekajo obstoječe gozdne ceste v vseh kategorijah gozdov in na negozdnih površinah. V ureditvenih enotah, kjer je predvideno spravilo lesa s traktorjem, znaša gostota omrežja produktivnih gozdnih cest 25,49 m/ha, v ureditvenih enotah z žičnim pravilom pa 14,50 m/ha. Razlike so tudi med gostoto produktivnih gozdnih cest po transportnogravitacijskih enotah, kjer je največja gostota v transportnogravitacijski enoti Jazbina (29,39 m/ha) in najnižja v transportnogravitacijski enoti Javorje (12,91 m/ha).

Prostorska razporeditev obstoječega omrežja gozdnih cest je bila analizirana s primerjavo med povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami, izračunanimi na podlagi točk DMV in povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami, izračunanimi na osnovi povprečne gostote omrežja cest. Pri izračunu povprečnih teoretičnih pravilnih razdalj na podlagi točk DMV smo upoštevali transportnogravitacijske meje in opredeljeno vrsto spravila lesa. Pri izračunu povprečnih teoretičnih pravilnih razdalj na osnovi povprečne gostote omrežja cest je bila izračunana povprečna teoretična pravilna razdalja kot četrtnina pasu, ki ga posamezna cesta odpira. Najbolj neugodno so razporejene ceste v transportnogravitacijski enoti Jazbina, kjer kljub veliki skupni

gostoti cest ostajajo dolge povprečne teoretične pravilne razdalje, koeficient odprtosti pa znaša 2,60. V nasprotju s tem je razmerje med povprečnimi teoretičnimi pravilnimi razdaljami v transportnogravitacijski enoti Javorje ($K_e = 1,82$) kljub najmanjši gostoti najbolj ugodno. Izračunana razmerja so rezultat preteklega polaganja gozdnih cest v prostor in značilnosti reliefa, ki onemogoča šablonsko polaganje cest v prostor.

Ekonomska utemeljitev gradnje gozdnih cest je bila narejena za potrebe modelnega odpiranja gozda na osnovi obstoječega omrežja javnih cest, uporabljena pa je bila tudi na primeru zgoščevanja obstoječega omrežja gozdnih cest. Ekonomska utemeljitev je bila narejena na osnovi najmanjših skupnih stroškov spravila in prevoza. Stroški gradnje gozdnih cest med stroški prevoza pri tem niso bili upoštevani. S povečevanjem gostote omrežja gozdnih cest stroški spravila padajo, vendar hkrati naraščajo stroški prevoza. Na obravnavanem območju smo pri danih pogojih ugotovili najmanjše skupne stroške pri gostoti gozdnih cest 12,31 m/ha. Širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta odpira, je v tem primeru 812,35 m in povprečna teoretična pravilna razdalja 203,09 m.

Pri iskanju najmanjših skupnih stroškov spravila in prevoza smo preverili vpliv variiranja vhodnih spremenljivk na izračun optimalne gostote omrežja gozdnih cest v odvisnosti od največje možne količine lesa za posek, načrtovanih stroškov vzdrževanja gozdnih cest in načrtovanih stroškov spravila lesa pri upoštevanju različnih bonifikacij spravila lesa. Ugotovili smo, da je ekonomsko utemeljena gostota omrežja gozdnih cest nižja pri višjih stroških vzdrževanja gozdnih cest. V nasprotju s tem pa je v primeru povečanja največje možne količine lesa za posek in upoštevanjem dodatnih bonifikacij za spravilo lesa ekonomsko utemeljena gostota omrežja gozdnih cest višja.

Z obnovo gozdnogospodarskega načrta gozdnogospodarske enote Mežica z obdobjem veljavnosti od 1. 1. 2010 do 31. 12. 2019 se je največja možna količina lesa za posek povečala za 54 %. V skladu s tem je pričakovan tudi dvig v gozdnogospodarski enoti Črna – Smrekovec, katere obnova načrta je v teku. Pri izračunu ekonomsko utemeljene gostote omrežja gozdnih cest smo v območju raziskovanja zato predvideli 40 % dvig največjega možnega poseka. Pri spravilu lesa smo predvideli 10 % bonifikacij, ki jih pri osnovnih izračunih ekonomsko utemeljene gostote omrežja gozdnih cest nismo upoštevali. Končno smo pri izračunu stroškov vzdrževanja gozdnih cest upoštevali, da so v letu 2011 predstavljala sredstva državnega proračuna za sofinanciranje vzdrževanja gozdnih cest 17 % celotnih predvidenih stroškov omrežja gozdnih cest v območju raziskovanja. S temi sredstvi se pokriva strošek vzdrževanja zaradi javne rabe gozdnih cest. Pri ekonomski utemeljitvi gostote omrežja gozdnih cest smo zato zaradi potreb gozdne proizvodnje upoštevali 83 % izračunanih letnih stroškov vzdrževanja gozdnih cest. Pri danih pogojih znaša optimalna gostota omrežja gozdnih 17,42 m/ha. Širina pasu, ki ga posamezna gozdna cesta v tem primeru odpira je 574 m, teoretična pravilna

razdalja pa 143,5 m. Na tej osnovi je bilo načrtovano primerjalno omrežje gozdnih cest na osnovi obstoječega omrežja javnih cest. Na osnovi oblikovane mreže točk DMV 25 smo za potrebe raziskovalne naloge izdelali karte naklonov terena, s pomočjo katerih smo preverjali ustreznost vzdolžnih profilov in primernost gradnje načrtovanih gozdnih cest. Skupno je bilo načrtovano 87 gozdnih cest v skupni dolžini 235,289 km. Načrtovane gozdne ceste so v primerjavi z obstoječim omrežjem gozdnih cest drugače razporejene, večji je delež produktivnih gozdnih cest, manjša skupna gostota in posledično manjši skupni stroški prevoza. Rezultati primerjalnega odpiranja gozda na podlagi obstoječega omrežja javnih cest kažejo, da je možno gozd učinkovito odpreti z manjšo skupno dolžino gozdnih cest in hkrati doseči zmanjšanje povprečnih teoretičnih pravih razdalj.

Za potrebe zgoščevanja omrežja gozdnih cest smo najprej izločili nezadostno odprta območja. Oblikovana so bila na osnovi ekonomsko utemeljene širine pasu, ki ga naj posamezna cesta odpira in je bila izračunana za potrebe primerjalnega odpiranja gozda. Na osnovi tega so bila izločena slabo odprta območja, ki so od obstoječega omrežja oddaljena več kot 287 m. Nadaljnje zgoščevanje omrežja gozdnih cest v nezadostno odprtih območjih je ekonomsko utemeljeno v primeru, ko je možno z zmanjšanjem stroškov spravila v posameznem nezadostno odprtem območju pokriti povečanje stroškov prevoza zaradi načrtovane gozdne ceste. Zadostno odprtih območij večnamenskih gozdov je 88,29 %, slabo odprtih gozdov z razmakom med cestami več kot 574 m pa je 1287,83 ha oziroma 11,71 % od skupne površine večnamenskih gozdov v obravnavanem območju. Površine slabo odprtih večnamenskih gozdov se v celotnem območju raziskovanja. Iz nadaljnje obravnavane smo najprej izločili območja, kjer znašajo skupni stroški spravila manj kot letni stroški prevoza načrtovane gozdne ceste. V preostalih 684,17 ha slabo odprtih območij smo načrtovali gradnjo gozdnih cest ob upoštevanju značilnosti terena in ob sprotne preverjanju ustreznosti vzdolžnih profilov načrtovanih gozdnih cest.

Z zgoščevanjem omrežja gozdnih cest je bilo načrtovanih 13 novih gozdnih cest v skupni dolžini 26,416 km. Analiza pravih stroškov pri obstoječem in načrtovanem omrežju gozdnih cest je pokazala, da je ekonomsko utemeljena načrtovana gradnja samo v štiri območja: Rače, Haderlap, Jakobe in Štoparjevo. Načrtovane gradnje gozdnih cest smo ekološko utemeljili na podlagi karte primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest, ki je bila narejena s pomočjo uteži in standardiziranih vrednosti posameznih vlog gozda. Izračunane vrednosti se gibljejo v intervalu med 7,91 in 15,49, pri tem so ureditvene enote z višjo vrednostjo točkovanja bolj primerne za gradnjo gozdnih cest. Uspešnost polaganja načrtovanih gozdnih cest smo preverili še z analizo primernosti načrtovanih tras. Glede na vrednosti točkovanja je 16,583 km načrtovanih gozdnih cest v ureditvenih enotah, ki so primerne za gradnjo gozdnih cest. Ostalih

9,833 km gozdnih cest je v območju manj primernih ureditvenih enot. Končna analiza primernosti načrtovanih tras ob hkratnem upoštevanju ekonomskih kriterijev in karte primernosti je pokazala, da sta primerni samo načrtovani cesti Haderlap in Štoparjevo. Načrtovani trasi gozdnih cest Jakobe in Rače sta ekonomsko sprejemljivi, vendar sta z vidika ostalih vlog gozda manj primerni.

Na osnovi izdelane karte primernosti ureditvenih enot za gradnjo gozdnih cest smo opredelili tudi primernost javne rabe gozdnih cest in določili gozdne ceste, kjer je potrebno rabo sezonsko ali trajno omejiti. Obstoječe omrežje gozdnih cest ima omejeno javno rabo s 14 postavljenimi zaporami na 42,772 km gozdnih cest. Glede na vrednosti točkovanja po posameznih odsekih gozdnih cest bi bilo smotrno odpraviti zapore na 25,970 km gozdnih cest in dodatno zapreti za rabo 45,172 km gozdnih cest. Omejitev javne rabe je tako načrtovana na 61,970 km gozdnih cest.

Študij primera je bil narejen na primeru slabo odprtega območja gozda nad kmetijama Hed in Haderlap v Koprivni. Velikost obravnavanega območja je 67,20 ha in največji možen posek 4.243 m^3 . Povprečna teoretična pravilna razdalja obravnavanega območja je pri obstoječem omrežju cest 529,04 m. Obravnavano območje je primerno za spravilo lesa s traktorjem, ker je povprečni naklon terena manjši kot 35 %, hkrati je primerno za gradnjo gozdnih cest tudi z vidika vseh vlog gozda. Pri načrtovanju odpiranja obravnavanega območja smo iskali traso gozdne ceste, ki bi v največji možni meri upoštevala večnamensko vlogo gozda. Pri tem smo upoštevali terenske značilnosti in omejitve vzdolžnega naklona gozdnih cest. Oblikovano je bilo več možnih variant odpiranja obravnavanega območja, ki pa različno ustrezajo posameznim kriterijem presoje odpiranja slabo odprtih območij. Načrtovane trase A, B in C so v primerjavi s traso D krajše, vendar potekajo preko območja z večjimi nakloni terena. Pri načrtovani trasi D je zaradi ugodne lege v prostoru najkrajša načrtovana teoretična pravilna razdalja in tudi najbolj ugoden koeficient odprtosti ($K_e=1,37$). Zmanjšanje stroškov spravila je največje v primeru načrtovane trase D, povečanje stroškov prevoza pa največje v primeru načrtovane trase C. Tu je tudi največja razlika med letnim zmanjšanjem stroškov spravila in povečanjem letnih stroškov prevoza. Glede na naklone terena na načrtovanih trasah in s tem povezano zahtevnostjo gradnje je najbolj ugodna načrtovana trasa D, kjer največji nakloni terena ne presegajo 60 %. Pri načrtovanih trasah C in D je zaradi naklonov terena, ki dosegajo celo 140 %, pričakovana večja zahtevnost gradnje. Končna presoja z vidika vseh vlog gozda kaže, da je najbolj sprejemljiva načrtovana trasa D, saj poteka preko ureditvenih enot, ki so najbolj sprejemljive za gradnjo gozdnih cest.

Načrtovanje zgoščevanja omrežja gozdnih cest je rezultat današnjih spoznanj o številu in pomenu vlog gozda. Zaradi sprememb v gozdu in družbi je pričakovana sprememba

relativnega pomena posameznih vlog gozda in s tem sprememba primernosti posameznih ureditvenih enot za gradnjo in rabo gozdnih cest. Načrtovanje nadaljnjega zgoščevanja omrežja gozdnih cest in načrtovanje rabe obstoječega omrežja gozdnih cest bo potrebno temu v prihodnosti ustrezno prilagajati.

11 SUMMARY

In the past planning of forest road network included only forest wood production role and it was based only on reducing the wood skidding costs criteria. The cognition that cultural landscapes can only be preserved when countryside is kept alive, led to the importance of the integration of individual farms and hamlets with a valley, when planning the opening of a forest. More knowledge about the importance of other forest roles brought as last the more or less equal inclusion of social and environmental roles into the process of planning the opening of the forest.

Evaluation of the integration of other forest roles, when planning a forest opening process, is problematic because different methods of financial evaluation of individual forest roles do not give same results. The alternative to such evaluation is the determination of the relative importance of the individual role on the basis of mutual interactions, which take into account the relative importance of individual role in comparison to all the others. Changes in the density of forest road network cause changes in the use of forest roads and consequently change the importance of individual forest roles. Planned network density of forest roads is as such not a final conception. It requires a revision of all changes in the forest which alter the relative importance of individual forest roles.

Previous researches of the optimization of forest road network density are extensive. Individual authors discuss areas of forest road construction only from economical, ecological or technological point of view. Researches include influential factors of forest road density separately or in the mutual interaction with limited number of factors. According to the defined multipurpose role of forests it is necessary when designing a model of enlargement of forest road network to take all forest roles into account at the same time.

The main goal of the research was to determine the actual density of the forest road network, based on the existing forest roads register and at the same time to identify opportunities for further forest roads network enlargement by individual transportation units. Considering the multipurpose role of the forests and the use of forest roads, our next goal was to determine the areas in which the construction of forest roads is possible

from the aspect of all forest roles at the same time. With comparative opening of the forest area with forest roads we wanted to show past economically unfounded planning of forest roads.. With a case study at the end, we wanted to show the quality of the new approach of opening forests with forest roads which considers all forest roles at the same time.

The researched object is the area of Črna na Koroškem municipality with an already existing forest road network. The main characteristics of the existing forest roads network are large total density and uneven spatial distribution of the existing forest road network. The consequences of past forest road construction are high maintenance costs and the need for its completion. On the basis of the forest road cadastre, 421,9 km of roads are registered in the researched area, of which 304,1 km are forest roads. In the survey the overall researched area was divided into eight transportation-gravitational units which represent gravitationally concluded and by public roads separated units. Transportation-gravitational units differ from each other by the forest area, growing stock, planned cut, the types and proportions of skidding wood and terrain characteristics.

The forest road construction is economically based on the data of the quantity of planned cut in the regulatory period, skidding costs forest road maintenance cost and cost due to the permanent loss of growing area.

The planned cut was analysed in the forest management unit Mežica and in the forest management unit Črna - Smrekovec. The examined regulatory period in the forest management unit Mežica dating from 2000 till 2009 and in the forest management unit Črna – Smrekovec from 2002 till 2011. The whole planned cut represented 505.225 m³, from which 89,1 % are coniferous and 10,9 % deciduous trees. Cut was planned in the multipurpose forests and partly in the protected ones. In the forests with the specific purpose of use cut was not planned.

According to the defined terrain slopes and areas of the regulatory units 58,3 % of the researched area is tractor skidding possible, and on the remaining 41,7 % cable yarding is necessary. Due to long skidding distances hand skidding is necessary on 10,3 % of the cable yarding area. Regarding the whole researched area hand skidding is necessary on 4,3 % of the researched area. Due to different cut intensity of the regulatory units the share of tractor skidding of planned cut is 68,82 % and 30,35 % to cable yarding. The share of manual skidding in this case represents only 0,83 % of all planned cut.

The wood skidding costs by individual regulatory units were calculated on the basis of defined skidding types, calculated skidding distances, the concessionaire's contract

work prices in the state forests in the researched area and on the required number of working hours calculated on the basis of normative for forest works. The average marked tree was calculated on the basis of the cut records for the period from 1994 till 2009. Calculated wood skidding costs for tractor skidding are 5,46 €/m³ and 13,26 €/m³ for cable yarding. The manual skidding costs are the biggest (34,31 €/m³) but they represent only 2,56 % of total skidding costs. In terms of the wood skidding costs the most unfavourable transportation gravitational units are Topla (10,09 €/m³) and Bistra (8,92 €/m³). The skidding costs in these two units represent 55 % of total skidding costs as a result of the terrain characteristics, density of forest road network and their distribution in the researched area. The minimum wood skidding costs are in transportation gravitational units Javorje (5,57 €/m³) and Polovec (5,91 €/m³).

The annual and periodic maintenance costs of forest roads were calculated on the basis of the valid price list of the selected executor for the forest road maintenance in the researched area and the intended extent of maintenance works for one kilometre of forest road, under the assumption that forest roads are fully upgraded and regularly maintained. The total amount of the annual and periodic maintenance costs in the researched area is 738,58 €/km forest roads.

The calculation of the costs due to the permanent loss of the increment was made on the basis of the forest cadastral income for cadastral district Črna and cadastral culture forest. The average cadastral income of one hectare of the forest in the researched area is 10,65 €/ha and depends on the positioning of forests on the cadastral classes.

The average density of the road network in the researched area is 27,06 m/ha and is 0,84 m/ha higher than the average density of forest management region of Slovenj Gradec, which the researched area belongs to. The total density of the productive and connective roads calculated on the forest area is 24,28 m/ha, of which 22,65 m/ha belongs to productive roads and 1,63 m/ha to connective roads. In the researched area the density of the productive forest roads is 17,62 m/ha, and 0,76 m/ha of connective forest roads. Because of the past forest opening characteristics and intermediate changes of forest categories we have forest roads on all categories of forests and also on non-forest areas. In the regulatory units with provided tractor skidding the network density of productive forest roads is 25,49 m/ha and in the regulatory units with cable yarding is only 14,50 m/ha. The differences are also among the density of productive forest roads by transportation-gravitational units where the maximum density is in the transportation-gravitational unit Jazbina (29,39 m/ha) and the lowest in the transportation-gravitational unit Javorje (12,91 m/ha).

The spatial distribution of the existing forest road network was analysed with the comparison of average theoretical skidding distances. It was calculated on the basis of the DMV points and the average theoretical skidding distances calculated on the basis of the average road network density. Calculation of the average theoretical skidding distances on the basis of DMV points was made on the basis of transportation-gravitational boundaries and the defined type of wood skidding. The average theoretical skidding distance on the basis of the average road network density was calculated as one-quarter of the bandwidth that each road opens. The most unfavourably spread are roads in the transportation-gravitational unit Jazbina where despite high total road density, long average theoretical skidding distances remain, with accessibility coefficient 2,60. On the contrary, the ratio between the average theoretical skidding distances in transportation-gravitational unit Javorje ($K_e = 1,82$) is despite the smallest density most favourable. Calculated ratios are the result of past forest road laying in the area and terrain characteristics, which make routine road building in the area impossible.

The economical argumentation of the forest road construction was made for the needs of the forest opening model on the basis of the existing public roads network, as well as for the enlargement of the existing forest road network. Economical argumentation was made on the basis of the minimum total costs of skidding and transportation. Costs of forest road construction during transportation costs were not taken into account. By increasing the density of the forest road network, skidding costs are getting lower, but at the same time transportation costs are rising. In the researched area we determined the minimal total costs at the forest road density 12,31 m/ha by the defined conditions. In this case the bandwidth that each road opens is 812,35 m and the average theoretical skidding distance is 203,09 m.

In the search of the smallest total costs of skidding and transportation we examined the influence of changing input variables on the calculation of the optimal forest road network density. It was made in terms of the maximum amount of planned cut, the projected forest road maintenance costs and the projected costs of wood skidding in regard to different wood skidding discount. We got to the conclusion that economically founded forest road network density is lower at higher forest road maintenance costs. On the contrary, economically founded forest road network density is higher in the case of an increase in the maximum planned cut with the inclusion of additional wood skidding discount.

With the renewal of the forest management plan of the forest management unit Mežica valid from 1. 1. 2010 till 31. 12. 2019 the maximum planned cut increased by 54 %. According to this it is expected that planned cut in forest management unit Črna -

Smrekovec, which renewal is in progress, will increase. In the calculation of the economically founded forest road network density a 40 % rise of maximum planned cut is anticipated. 10 % discount is anticipated for wood skidding, which in the case of the basic calculation of the economically founded forest road network density was not taken into consideration. In the calculation of the forest road maintenance costs we finally took into consideration the fact that state budget funds for co-financing of forest road maintenance works represent 17% of the total estimated transportation costs in the researched area. These cover the costs of road maintenance due to public use of forest roads. Therefore in the case of the economical argumentation of the forest road network density 83 % of calculated forest road annual maintenance costs are taken into account. Under these conditions the optimum density of forest road network is 17,42 m/ha. The bandwidth that each road opens is 574 m and theoretical skidding distance is 143,5 m. A comparative forest road network was planned on the basis of the existing public road network. For the needs of the research a map of slopes was made. It was based on the designed points network DMV 25 through which we checked the relevance of the longitudinal profiles and suitability of the forest road construction due to the slope of the terrain. Altogether 87 forest roads in the total length of 235,289 km were planned. They are in comparison with the existing forest road network arranged otherwise. With greater proportion of productive forest roads lower the total density and consequently lower the overall transportation costs. The results of comparative forest opening based on the existing network of public roads suggest that it is possible to effectively open forests with a shorter total length of forest roads and at the same time achieve reduction of the average theoretical skidding distances.

For the forest road network enlargement purposes, we first eliminated the insufficiently opened areas. They were developed on the basis of economically founded bandwidth, which should be opened by the individual road which was calculated for the purposes of the comparative forest opening. On this basis insufficiently opened areas around the existing road network, which are more than 277 m away from the existing road were excluded. Further enlargement of forest road network in insufficiently opened areas is economically founded when it is possible to cover the increased costs of transport, due to planned forest road, with the decreased skidding costs. Share of sufficiently opened areas of the multipurpose forests is 88,29 %. Area of insufficiently opened forests with a more than 574 m distance between roads is 1287,83 ha and represents 11,71 % of the total area of multipurpose forests in the researched area. The areas of insufficiently opened multipurpose forests occur in the whole researched area. From further research we excluded areas where total costs of skidding represent less than the annual cost of transport for planned forest road. In the remaining 684,17 ha of insufficiently opened areas we planned the construction of forest roads, taking into account the terrain

characteristics with simultaneous verification of longitudinal slope adequacy of planned forest roads.

With the enlargement of forest road network 13 new forest roads were planned in total length of 26,416 km. The analysis of skidding costs of existing and planned forest road network revealed that it is economically founded to plan construction only in four areas: Rače, Haderlap, Jakobe and Štoparjevo. The construction of the planned forest roads was ecologically justified. It was based on maps of suitability of the regulatory units for the forest road construction and was made with the help of weights and standardized values of individual forest roles. Calculated values range from 7,91 to 15,49, where regulatory units with a higher scoring value are more suitable for the forest road construction. We checked the efficiency of planned forest road building with the analysis of suitability of planned routes. Depending on the scoring values there are 16,583 km of planned forest roads in the regulatory units suitable for the forest road construction. The remaining 9,833 km of forest roads are in the area of less suitable regulatory units. The final analysis of suitability showed that regarding the economic criteria and maps of appropriateness, only planned roads Haderlap and Štoparjevo are suitable. The planned routes of the forest roads Jakobe and Rače are economically acceptable but less suitable from the aspect of other forest roles.

Based on the maps of regulatory units suitability for forest road construction we defined the suitability of publicly used forest roads and determined those with seasonal or permanent restriction. Existing forest road network has limited public use because of 14 blockades on 42,772 km of forest roads. Scoring value by individual sections of forest roads determines that it would be reasonable to eliminate blockades on 25,970 km of forest roads and additionally close other 45,172 km of forest roads. Restriction of public use is planned on 61,970 km of forest roads.

A case study was made on the case of insufficiently opened forest area above farms Hed and Haderlap in Koprivna. The case study area is 67,20 ha with the maximum planned cut of 4,243 m³. The average theoretical skidding distance of the discussed area at the existing road network is 529,04 m. The examined area is suitable for tractor wood skidding, because the average slope of the terrain is less than 35 %. From the aspect of all forest roles the area is at the same time suitable for forest road construction.

When planning the opening of the area we searched for forest road route which would take into account the multipurpose role of forests to the utmost possible extent. We also considered the terrain characteristics and limitations of the longitudinal slope of forest roads. Several possible variants of opening the area were designed. They differently correspond to the individual criteria of the assessment of opening insufficiently opened

areas. Planned routes A, B and C are in comparison to route D shorter but they cross the area with bigger slope of the terrain. The planned route D has, due to a more favourable position, the shortest planned theoretical skidding distance and the most favourable accessibility coefficient ($K_e = 1,37$). The greatest reduction of skidding costs is in the case of the planned route D. The greatest increase of the transport costs is in the case of the planned route C. There is also the biggest difference between the annual reduction of skidding costs and annual increase of transport costs. Regarding the terrain inclination on planned routes and related complexity of construction the most favourable is planned route D, where the maximum slopes of the terrain do not exceed 60 %. In the case of the planned routes C and D a greater complexity of construction is expected due to the terrain slope of 140 %. Final assessment from the aspect of all forest roles indicates that planned route D is the most acceptable, because it crosses regulatory units which are most acceptable for the forest road construction.

Planning of forest road network enlargement is a result of today's knowledge about the number and the importance of different forest roles. Due to changes in the forest and society, changes in the relative importance of the individual forest roles and thereby changes of individual regulatory unit suitability for the construction and use of forest roads are expected. Further forest road network enlargement planning and planning of the use of existing forest road network in the future will have to be properly planned.

12 VIRI

12.1 CITIRANI VIRI

Abegg B. 1988. Providing economic access to forests on slopes: principles for decision-making when evaluating access variants. *Berichte - Eidgenossische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen*, 302: 176.

Amiri H. K., Moafi M., Fomani B. S., Akbari R., Mori V. S. 2012. Performance evaluation of existing forest roads density (case study: Darab-Kola forests of Iran). *Annals of Biological Research*, 3: 6, 2597-2601.

Anderson A. E., Nelson J. 2004. Projecting vector-based road networks with a shortest path algorithm. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 7: 1444-1457.

Anko B. 1995. Funkcije in vloge gozda. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 181 str.

Aruga K., Tasaka T., Sessions J., Miyata E.S. 2006. Tabu search optimization of forest road alignments combined with shortest paths and cubic splines. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 27, 1: 37-45.

Becker G., Jaeger D., Hentschel S. 1995. Anpassung von Wegenetzen an veränderte Rahmenbedingungen. *AFZ Der Wald*, 50, 9: 484-491.

Beneš J. 1989. Access to mountain forests. *Lesnictvi*, 35, 2: 153-172.

Cenik delovnih ur za delo v državnih gozdovih v letu 2010. 2010. Slovenj Gradec, GG Slovenj Gradec

Cenik vzdrževalnih del na gozdnih cestah za leto 2008. 2008. Črna na Koroškem, Občina Črna na Koroškem.

Cha D.S., Cho K.H., Kim J.Y. 1996. Determination of forest road construction priority order using multiple criteria decision making methods. *Journal of Korean Forestry Society*, 85, 2: 149-157.

Cha D.S., Kim J.Y., Jung D. 1999. Studies on the investigation of optimum road density for main and branch forest roads. *FRI Journal of Forest Science (Seoul)*, 60: 33-40.

Cho KH., Cha DS., Kobayashi H. 1999. Forest road network planning for mechanized yarding operations in Korea. *Bulletin of the Tokyo University Forests*, 101: 135-141.

Cigarsky S. 1996. A proposed model of access to forest stands of Slovakia from the viewpoint of economics aspect in relation to stand ecology. *Baltic Forestry*, 2, 1: 135-145.

Cretu O., Rusnac C. 1998. Forest roads in Romania - planning and design. V: *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport: Sinaia, Romania, 17-22 June, 1996*. Rome, Italy, FAO Library: 29-33.

Delong S.C., Fall S.A., Sutherland G.D. 2004. Estimating the impacts of harvest distribution on road-building and snag abundance. *Canadian Journal of Forest Research*, 34, 2: 323-331.

Dietz P., Knigge W., Löffler H. 1984. *Wald – erschließung*. Hamburg, Berlin, Paul Parey: 426 str.

Digitalni model višin. 2010. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije.
<http://e-prostor.gov.si/index.php?id=263> (10. 03. 2012)

Dobre A. 1990. Nekateri dejavniki odpiranja gozdnega prostora: raziskovalna naloga. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 138 str.

Dretnik D. 1956. *Gozdno gospodarstvo Mežiške doline: diplomsko delo*. Ljubljana, samozal.: 211 str.

Eastman JR. 1993. *Idrisi update manual*. Worcester, Massachusetts, USA, Clarc University: 209 str.

Eghtesadi A., Sobhani H., Rafatnia N. 2003. Road network planning and selection of harvesting machines at "Vaz" experimental forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 11, 1: 95 – 131.

Enache A., Stampfer K., Ciobanu V., Branzea O., Duta C. 2011. Forest road network planning with state of the art tools in a private forest district from Lower Austria. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 4: 53, 33-40.

Estetska funkcija gozda: zbornik republiškega seminarja: Ljubljana, 19. in 20. novembra 1987. 1988. Ljubljana: 167 str.

Expert Choice 11.5. 2012.

www.expertchoice.com/academic-program/free-trial (19. 03. 2012)

Gašperšič F. 1995. Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 403 str.

Ghaffariyan M. R., Stampfer K., Sessions J. 2010. Optimal road spacing of cable yarding using a tower yarder in Southern Austria. European Journal of Forest Research, 129: 3, 409-416.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Črna – Smrekovec, 2007a. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Mežica. 2007b. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Mežica. 2010. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarskega območja Slovenj Gradec (Osnutek). 2012. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/CE/GGN_nacrtovanje/2012_zbiranje_po_bud/OBMOCNI_2012/11_Slovenj_Gradec_2011-2020_predlog_MAR2012_INT.pdf. 19.03.2012 (19. 3. 2012)

Hawbaker T.J., Radeloff V.C. 2004. Roads and landscape pattern in Northern Wisconsin based on a comparison of four road data sources. Conservation Biology, 18, 5: 1233-1244.

Hawbaker T.J., Radeloff V.C., Hammer R. B., Clayton M. K. 2005. Road density and landscape pattern in relation to housing density, and ownership, land cover, and soils. Landscape Ecology, 20, 5: 609-625.

Hribernik B. 2004. Model optimiranja vzdrževanja gozdnih cest za zagotavljanje njihove mnogonamenske rabe: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 112 str.

Hruza P. 2003. Optimisation of forest road network under principles of functionally integrated forest management. Journal of Forest Science. Ustav Zemedelskych a Potravinarskych Informaci, Praha, Czech Republic, 49, 9: 439-443.

Karta vlog gozda gozdnogospodarske enote Mežica. 2007a. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Karta vlog gozda gozdnogospodarske enote Črna – Smrekovec, 2007b. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Kataster gozdnih cest gozdnogospodarske enote Črna – Smrekovec. 2007a. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Kataster gozdnih cest gozdnogospodarske enote Mežica. 2007b. Slovenj Gradec, Zavod za gozdove Slovenije.

Kim Jongyoon, Lee Haejoo, Jung Dohyun, Chung Younggwyn. 1996. Economical effects of forest road construction according to growing stock and forest road density. FRI Journal of Forest Science (Seoul), 54: 23-39.

Kobayashi H., Nitami T. 1991. Forest and network planning in small scale forestry. Bulletin of the Tokyo University Forests, 85: 1-10.

Košir B. 1990. Ekonomsko – organizacijski vidiki razmejitve delovnega območja žičnih naprav in traktorjev pri spravilu lesa: doktorska disertacija. Ljubljana, samozal.: 337 str.

Kravanja M., Potočnik I. 2007. Forest fire prevention roads as an active wildfire protection measure. V: XXV. Gozdarski študijski dnevi: zbornik referatov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 251-268.

Lestvice katastrskega dohodka za leto 2010, 2012. Geodetska uprava Republike Slovenije

http://e-prostor.gov.si/fileadmin/ZK/katastrska_klasifikacija_zemljisc/KD_2010.pdf

(23. 2. 2012)

Lipušek I., Oblak L., Zadnik Stirn L. 2003. Model za razvrščanje izdelkov kosovnega pohlštva iz lesa glede na obremenjevanje okolja med procesom izdelave. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 70: 31 – 51.

Lünzmann K. 1968. Der erschliessungskoeffizient, eine Kennzahl zur Beurteilung von Waldwegenetzen und seine Anwendung bei Neuplanungen. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 87:1, 237-248.

Majnounian B., Afodi E., Darvishsefat A. A. 2007. Planning and technical evaluating of forest road networks from accessibility point of view using GIS. Iranian Journal of Natural Resources, 60: 3, 907-919.

Marchi E., Spinelli R. 1997. Environmental impact of forest roads. Italia Forestale e Montana, 52, 4: 221-239.

Matsumoto T., Kitagawa K. 1999. Relationship between current forest operations and provision of roads in private forests. *Journal of Forest Planning*, 5, 1: 19-27.

Matsumoto T., Kitagawa K. 2000. Analysis of the road network in a mountainous area and indices used to evaluate the network. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 82, 2: 154-162.

Mavsar R. 2005. Ekonomsko vrednotenje vlog gozdov: magistrsko delo. (Univerza v Mariboru, Ekonomsko poslovna fakulteta). Maribor, samozal.: 168str.

Mcgarigal K., Romme W. H., Crist M., Roworth E., 2001. Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA). *Landscape Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 16, 4: 327-349.

Meilby H. 2004. Road and trail network optimisation for low-intensity selective logging in tropical forests. *Scandinavian Forest Economics*, 40: 279-288.

Millot M. 2001. The [road] service concept: a multifunctional approach for the management of mountain regions. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. Schweizerischer Forstverein, 152, 4: 129-134.

Morton K. M., Adamowicz W. L., Boxall P. C. 1995. Economic effects of environmental quality change on recreational hunting in northwestern Saskatchewan: a contingent behaviour analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, 25, 6: 912-920.

Naghdi R., Limaie S. M. 2009. Optimal forest road density based on skidding and road construction costs in Iranian Caspian forests. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 7: 2, 79-86.

Ortega Y.K., Capen D.E. 1999. Effects of forest roads on habitat quality for ovenbirds in a forested landscape. *Auk*, 116, 4: 937-946.

Pentek T. 2002. Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike: doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, samozal.: 271 str.

Pezdevšek Malovrh Š. 2010. Vpliv institucij in oblik povezovanja lastnikov gozdov na gospodarjenje z zasebnimi gozdovi: doktorska disertacija. Ljubljana, samozal.: 224 str.

Pičman D. 1994. Utjecaj konfiguracije terena i hidrografskih prilika na ekonomsku opravdanost izgradnje optimalne mreže šumskih prometnica. Glasnik za šumske pokuse, 31: 231-316.

Pičman D., Pentek T. 1996. Čimbenici koji utjecu na opravdanost izgradnje mreže šumskih prometnica. V: Zaštita šuma i pridobivanje drva:skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996, knjiga 2). Zagreb, Šumarski fakultet: 293-300.

Pikk J. 2000. Forest improvement in Estonia. Special issue: Estonian forests and forestry at the turn of the millennium. Akadeemilise Metsaseltsi Toimetised. Eesti Pollumajanduslikool, Metsanduslik Uurimisinstituut, Tartu, Estonia, 11: 121-133.

Potočnik I. 1998. Gozdne prometnice v luči predpisov o graditvi objektov. Pripravljalni seminar za Strokovni izpit po ZGO – gozdarstvo. Ljubljana: 27 str.

Potočnik I. 2004. Gozdne prometnice – študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 211 str.

Pravilnik o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove. 2004. Ur. l. RS št. 71/2004.

Pravilnik o gozdnih prometnicah. 2009. Ur. l. RS št. 4/2009.

Pravilnik o načrtih za gospodarjenje z gozdovi in upravljanje z divjadjo. 2010. Ur. l. RS št. 91/2010.

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o financiranju in sofinanciranju vlaganj v gozdove. 2010. Ur. l. RS št. 63/2010.

Proračun občine Črna na Koroškem, 2010. Občina Črna na Koroškem.
<http://www.crna.si/images/dokumenti/proracuni/2010/proracun10.pdf> (07. 03. 2012)

Qiu R. 2000. A study on optimum density and disposition of forest road network. Journal of Nanjing Forestry University, 24, 1: 51-55.

Qiu R., Wu Q. 2002. Disposition configuration and optimal density of forest road network. Journal of Fujian College of Forestry, 22, 1: 9-12.

Rafiei A. A., Lotfalian M., Hosseini S. A., Parsakhoo A., 2009. Determining the optimum road density for ground skidding system in Dalak kheyl forest-hyrcanian zone. World Applied Sciences Journal, 7: 3, 263-270.

Saaty T.L. 1994 Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process. Pittsburgh, RWS Publications, 527 str.

Saaty T.L., Ozdemir M.S. 2003a. Why the magic number seven plus or minus two. Mathematical and computer modeling, 38: 233-244.

Saaty T.L. 2003b. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary. European Journal of Operational Research, 145, 1: 85-91.

Sakai H., Aruga K. , Watanabe S. 2002. Environmental conservation effects of forest strip roads and promotion of infrastructure. Journal of the Japanese Forestry Society, 84, 2: 125-129.

Samani K. M., Hosseiny S. A., Lotfalian M., Najafi A., 2010. Planning road network in mountain forests using GIS and Analytic Hierarchical Process (AHP), Caspian Journal of Environmental Sciences. 8: 2, 151-162.

Saunders S. C., Mislivets M. R., Chen J., Cleland D. T., 2002. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. Biological Conservation, 103, 2: 209-225.

Sever S., Sunji S. 1998. Forest opening issues in Croatia. V: Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport: Sinaia, Romania, 17-22 June, 1996. Rome, Italy, FAO Library: 252-260.

Stefanović B., Ranković N. 2003. Correlation of forest road network density and the production of forest assortments in Serbia in the period 1991-2000. Glasnik Šumarskog Fakulteta, Univerzitet u Beogradu, 87: 187-195.

Šegel A. 2000. Vzorčne parcele v katastrskem okraju Črna. Območna geodetska uprava Slovenj Gradec.

Taha H.A. 1997. Operations research: an introduction. Upper Saddle River, Prentice Hall International: 916 str.

Trafela E. 1986. Vpliv izgradnje gozdnih prometnic na proizvodnji v gozdu: magistrsko delo. Ljubljana, samozal.: 87 str.

Uredba o koncesiji za izkoriščanje gozdov v lasti Republike Slovenije. 2010. Ur. l. RS št. 98/2010.

Uredba o pristojbini za vzdrževanje gozdnih cest. 1994. Ur. l. RS št. 38/1994.

Uusitalo J. 2010. Introduction to forest operations and technology. JVP Forest Systems Oy. Hämeenlinna: 286 str.

Vinogradov E. N., Nikitina I. S. 1991. Optimization of the road network density. Lesnaya Promyshlennost', 10: 24.

Zagonel R., Correa C. M. C., Malinovski J. R., 2008. Optimal forest road density in plane relief in Pinus taeda forests in catarinense plateaus. Scientia Forestalis, 77, 33-41.

Yamada Y. 1989. The optimum forest-road density determined in relation to the cost of walking. Journal of the Japanese Forestry Society, 71, 7: 257-264.

Yamaki K. 1995. What kinds of roads are needed in recreational forest? Understanding the characteristics of recreational forests using the measures of access rigor. V: Annual Report of the Hokkaido Research Center. Hokkaido, Forestry and Forest Products Research Institute, 1995: 84-88.

Xuechun Y., Lihai W., Dengxuan Z. 1998. Optimum layout of forest road with consideration of soil erosion. Journal of Northeast Forestry University, 26, 5: 64-67.

Zadnik Stirn L. 2001. Optimalno upravljanje z naravnim sistemom z uporabo večkriterialne Saatyve AHP metode. V: Dnevi slovenske informatike, Portorož, 18.-21. april 2001: 452-460.

Zakon o ugotavljanju katastrskega dohodka. 2005. Ur. l. RS št. 25/2005.

Zgodovina cest na slovenskem, 1972. Ljubljana, Republiška skupnost za ceste: 304 str.

12.2 DRUGI VIRI

Abegg B. 1978. Die Schätzung der optimalen Dichte von Waldstrassen in traktorbefahrbarem Gelände. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 129, 6: 453-485.

Abeli W., Shemwetta D., Meiludie R., Kachwele M. 2000. Road alignment and gradient issues in the maintenance of logging roads in Tanzania. International Journal of Forest Engineering, 11, 2: 15-21.

Akre B. 1998. Forest road construction policies, guidelines and codes of practice. V: Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport: Sinaia, Romania, 17-22 June, 1996. Rome, Italy, FAO Library: 153-162.

Aulerich E. 1998. Better engineering and control of the construction of forest roads. V: Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport : Sinaia, Romania, 17-22 June, 1996. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations: 174-183.
Becker G. 1998. Optimierte Walderschließungssysteme. AFZ Der Wald, 53, 19: 989-991.

Bončina A, 2002. Gozdnogospodarsko načrtovanje: gradivo za terenski pouk. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 103 str.

Bončina A., Havliček R., Pisek R., Simončič T., Strniša A. 2011. Upravljanje z gozdnim prostorom: gozdni prostor in prostorsko načrtovanje: študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 106 str.

Chertov O. G., Gladkov E. G., Nikitina I. S. 1994. Ecological aspects of the problem of the positioning of the forest transport networks in continuously operating forest enterprises. Sukhoputnyi transport lesa: sbornik nauchnykh trudov. Lesotekhnicheskaya Akademiya, Sankt-Peterburg, Russia, 58-62.

Cigarsky S., 1998. The possibility of different access to forest stands based on the value of forest land - an example from the Zvolen region. Lesnictvi – Forestry, 44, 7: 315-325.

Fertal D. 1995. Vypocet limitu plochy vozovky prre ekonomicku opravu = The calculation of the limit of roadway area for economic repair. Lesnický Časopis, 41, 5: 293-304.

Geske H. 2001. Walderschließung in der Niedersächsischen Landesforstverwaltung. Forst und Holz, 56, 21: 686-690.

Hajak G., Szilagyi J. 1972. Road maintenance : requirements and techniques. V: Symposium on forest road construction and maintenance techniques: Sopron, 6–8 september, 1972. Sopron, Economic commission for Europe, Food and agriculture organization of the United Nations: 24 str.

Heinrich R. 1998. Recent developments on environmentally friendly forest road construction and wood transport in mountainous forests. V: Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport: Sinaia, Romania, 17-22 June, 1996. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations: 366-376.

Johansson S., Gunnarsson P. 1994. Using GPS and GIS for road-network surveying and updating. Results - SkogForsk, 3: 4 str.

Klemenčič I. A. 1962. Gospodarno polaganje gozdnih prometnic. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 64 str.

Klun J., Košir B., Krč J., Medved M. 2007. Primerjava metod kalkulacij stroškov gozdarske mehanizacije na primeru žičnice. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 82: 41-51.

Kobayashi H, Iwaoka M., Sakai H., Chishima T., Nitami T. 1998. Forest-road route location and construction of steep-graded roads. Bulletin of the Tokyo University Forests, 100: 215-225.

Košir B. Krč J. 1994. Razmerja med funkcijami gozdov z vidika omejitev pri opravljanju gozdnih del. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45: 115-189.

Kovalev R. N. 1994. Modelling of the transport systems of forest enterprises for the new operating conditions. Sukhoputnyi transport lesa: sbornik nauchnykh trudov. Lesotekhnicheskaya Akademiya, Sankt-Peterburg, Russia: 94-100.

Krč J. 1999. Modelni izračun vpliva ceste na povečanje vrednostnega donosa gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 121-139.

Krč J., Košir B. 2003. Modelna napoved trendov lesnih zalog v odvisnosti od jakosti redčenj in proizvodne dobe. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 70: 101-118.

Kuonen V. 1987. Planning of integrated road access in regions used for forestry and agriculture. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen, 138, 12: 1015-1036.

Ljubojević S., Marčeta D. 2008. Nonconventional methods of wood extraction in the conditions of low forest opening – a case study from Bosnia and Herzegovina. V: Proceedings of the 3rd international scientific conference: Prague, 26-30 May, 2008: 288-296.

A Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain. 1998. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations: 188 str.

Medved M., Ogris N., Klun J., Košir B., Vončina R., 2005. Koledarski čas in učinki dela z žičnimi napravami Syncrofalke na Tolminskem. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 77: 113-142.

Mercier S., Brown M. 2002. The Opti-Grade(R) grading-management system. Advantage, 3, 17: 4 str.

Novak M. 1963. Ekonomska stran načrtovanja omrežja gozdnih cest. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije: 42 str.

Ohkawabata O. 1988. Studies on the planning of forest roads for cable logging. Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute, 351: 1-79.

Pentek T., 2002. Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utejcajne čimbenike: doktorska disertacija. Zagreb, samozal.: 271 str.

Pogačnik J. 1991. Funkcije gozdov in gozdovi v prostoru v območnih gozdnogospodarskih načrtih. Gozdarski Vestnik, 50, 5/6: 294-303.

Potočnik I., Šinko M., Winkler I. 1991. Ekonomska narava naložb v gozdne ceste. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 38: 199-234.

Potočnik I. 1993. Ekonomski vidiki vzdrževanja gozdnih cest. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 41: 155-171.

Potočnik I. 1996a. Prometna obremenitev gozdnih cest. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 48: 193-218.

Potočnik I. 1996b. Izkoriščenost prevoznosti gozdnih cest kot kazalec njihove potrebne kakovosti. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 51: 27-42.

Potočnik I. 2000. Optimalno vzdrževanje gozdnih cest. V: XX. Gozdarski študijski dnevi : zbornik referatov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 231-242.

Potočnik I. 2002. Current Problems Concerning Maintenance of Forest Roads in Slovenia. V: Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations: Tokyo, Japan, 29 September – 5 Oktober, 2002. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations: 77-84.

Qiu R., Fan J., Zhan Z., Zhan Z. 2000. A review and prospects for research on forest road networks. Journal of Fujian College of Forestry, 20, 4: 370-374.

Rebula E. 1980. Prispevek k opredeljevanju optimalne gostote omrežja gozdnih cest. Gozdarski vestnik, 38, 9: 372-397.

Robek R. 1996. Presoje vplivov na okolje pri načrtovanju gozdnih prometnic. Gozdarski vestnik, 54, 9: 465-472.

Robek R., Klun J., Vončina R. 2006. Dosežki in izzivi pri graditvi gozdnih prometnic v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 64, 9: 509-525.

Roeder A. 1981. Relative Optimierung der Wegedichte mit Hilfe von Nutzenindizes. *Forstarchiv*, 52, 3: 84-86.

Romano D. 1989. Financial evaluation of forest road investments. *Annali - Accademia Italiana di Scienze Forestali*, 38: 333-364.

Smernice za projektiranje gozdnih cest. 1982. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo: 64 str.

Smernice za sestavo investicijskih programov in glavnih projektov za gozdne ceste. 1962. Ljubljana, Republiška zbornica za kmetijstvo in gozdarstvo: 63 str.

Tičerić D. 1991. Determination of optimum forest road network density by method of direct design. *Glasnik Šumarskog Fakulteta, Univerzitet u Beogradu*, 73: 601-610.

Winkler I. 1987. Ekonomsko vrednotenje varovalne in drugih splošno koristnih funkcij gozda. V: *Varovalnost gozda v Sloveniji: zbornik seminarja*, Ljubljana 16. in 17. 01. 1986: 53-57.

Wolf W. 1998. Assessment of forest road alternatives with special emphasis on environmental protection. V: *Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport : Sinaia, Romania, 17-22 June, 1996*. Rome, Food and agriculture organization of the United Nations: 130-143.

Zakon o gozdovih. 1993. Ur. l. RS št. 30/1993.

ZAHVALA

Iskrena hvala prof. dr. Igorju Potočniku za strokovno vodenje, nasvete in pomoč v času študija in pri izdelavi doktorske disertacije.

Iskrena hvala prof. dr. Andreju Bončini in prof. Tiborju Penteku za pripombe in nasvete pri izdelavi doktorske disertacije.

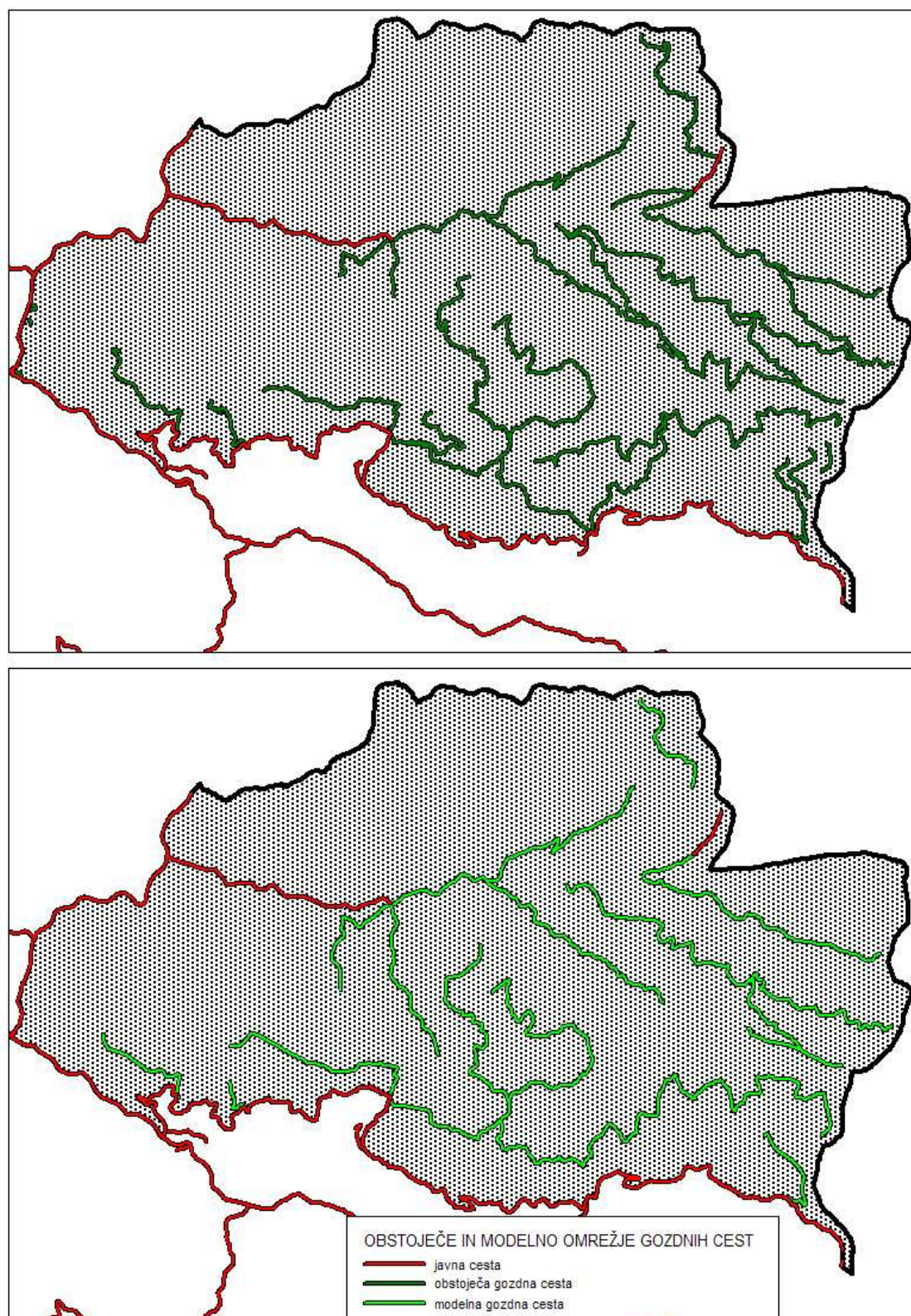
Iskrena hvala vsem, ki so s posredovanjem potrebnih informacij omogočili izdelavo te naloge.

Hvala vsem mojim domačim za potrpežljivost, razumevanje in podporo v času študija.

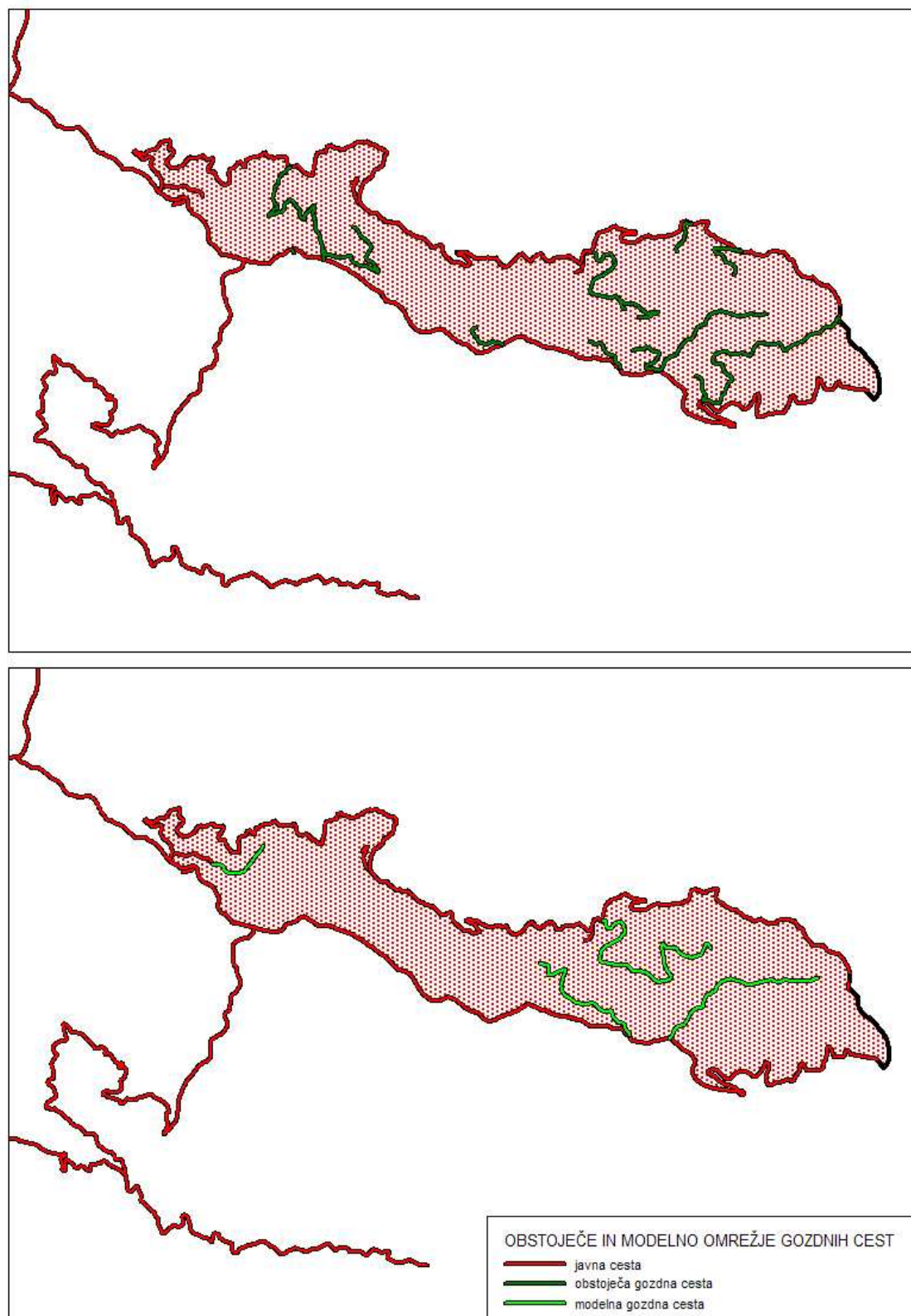
Hvala Urši Prevalnik za prevajanje in Martini Podričnik za lektoriranje naloge.

PRILOGE

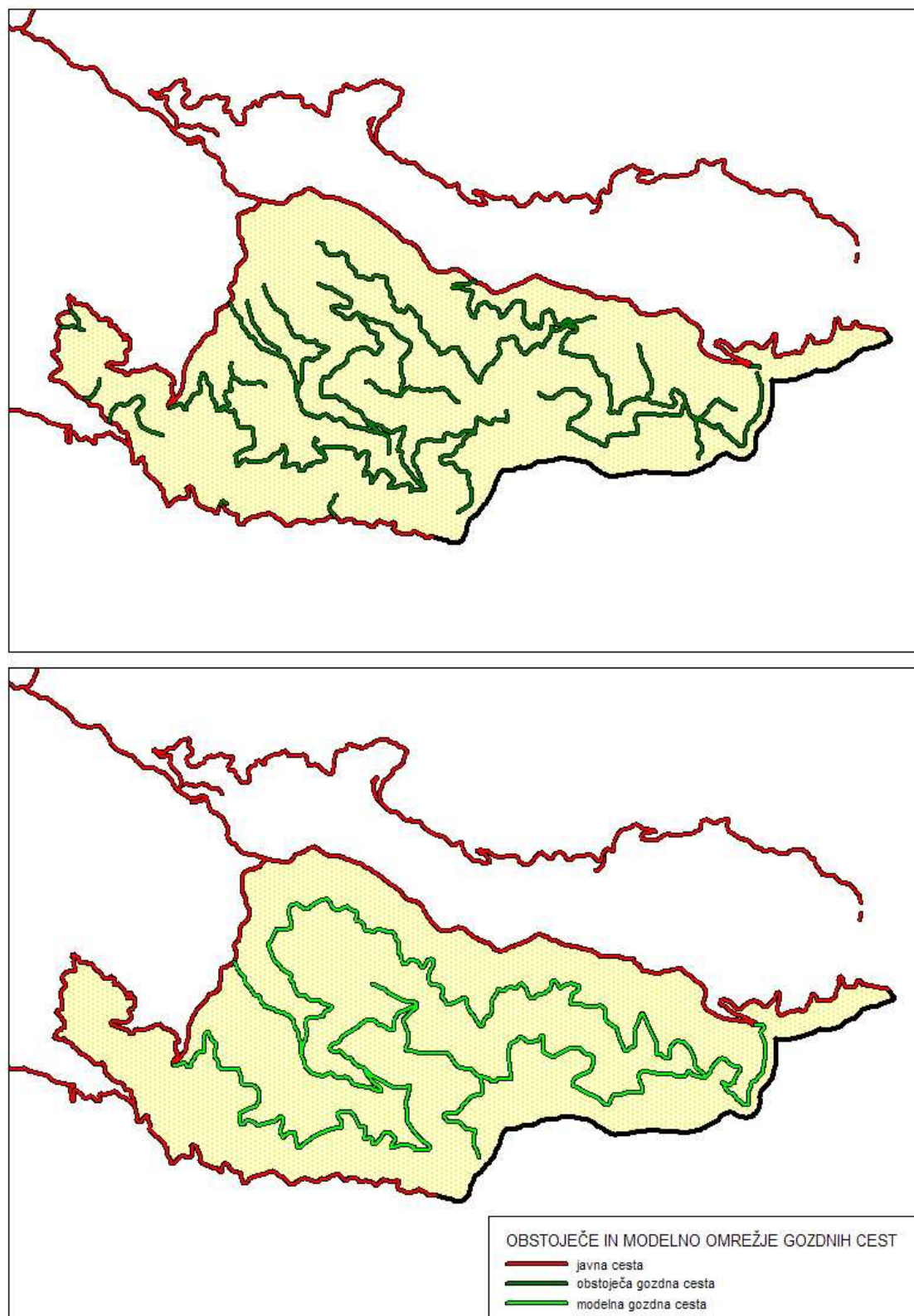
Priloga A: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Jazbina



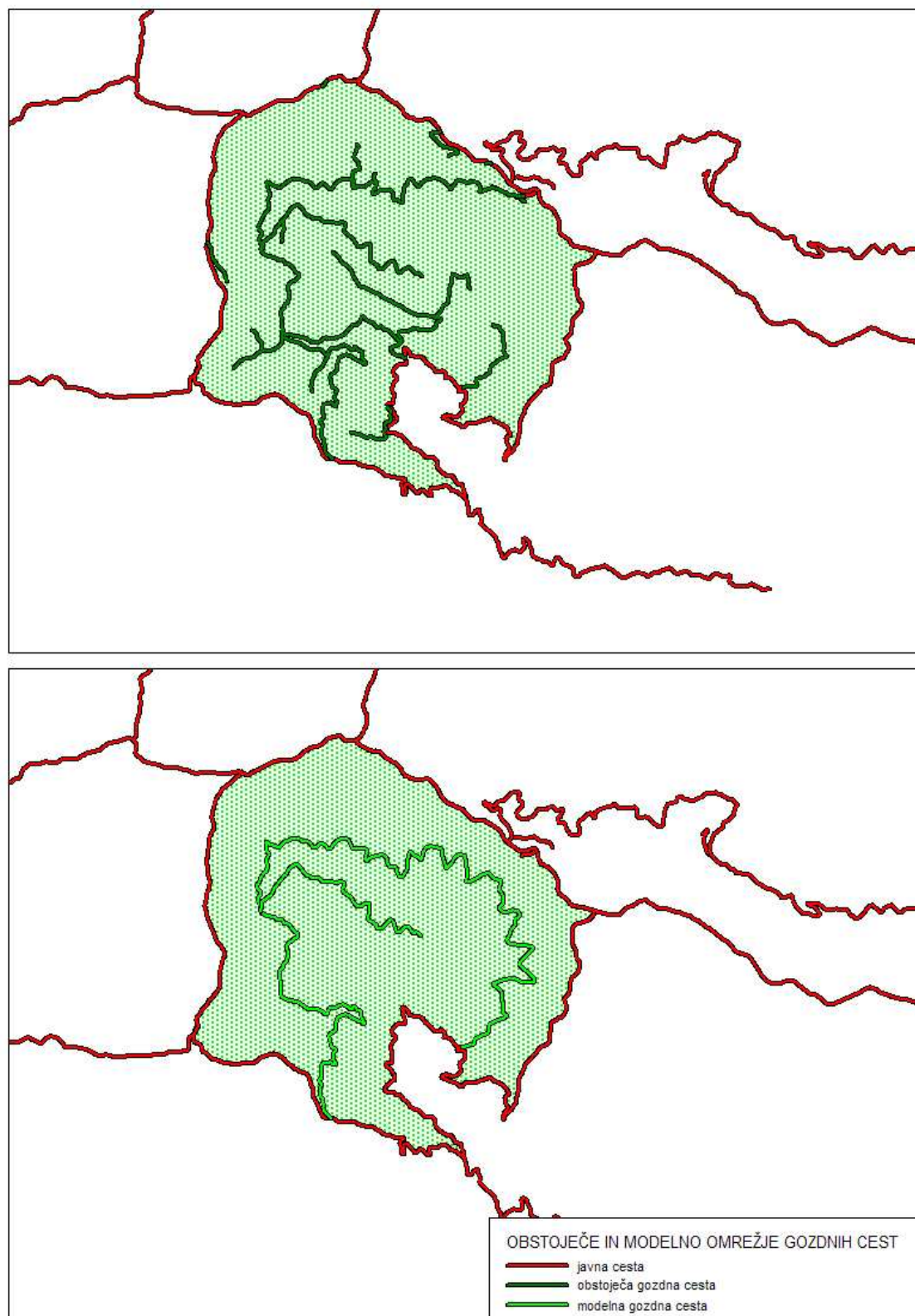
Priloga B: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Javorje



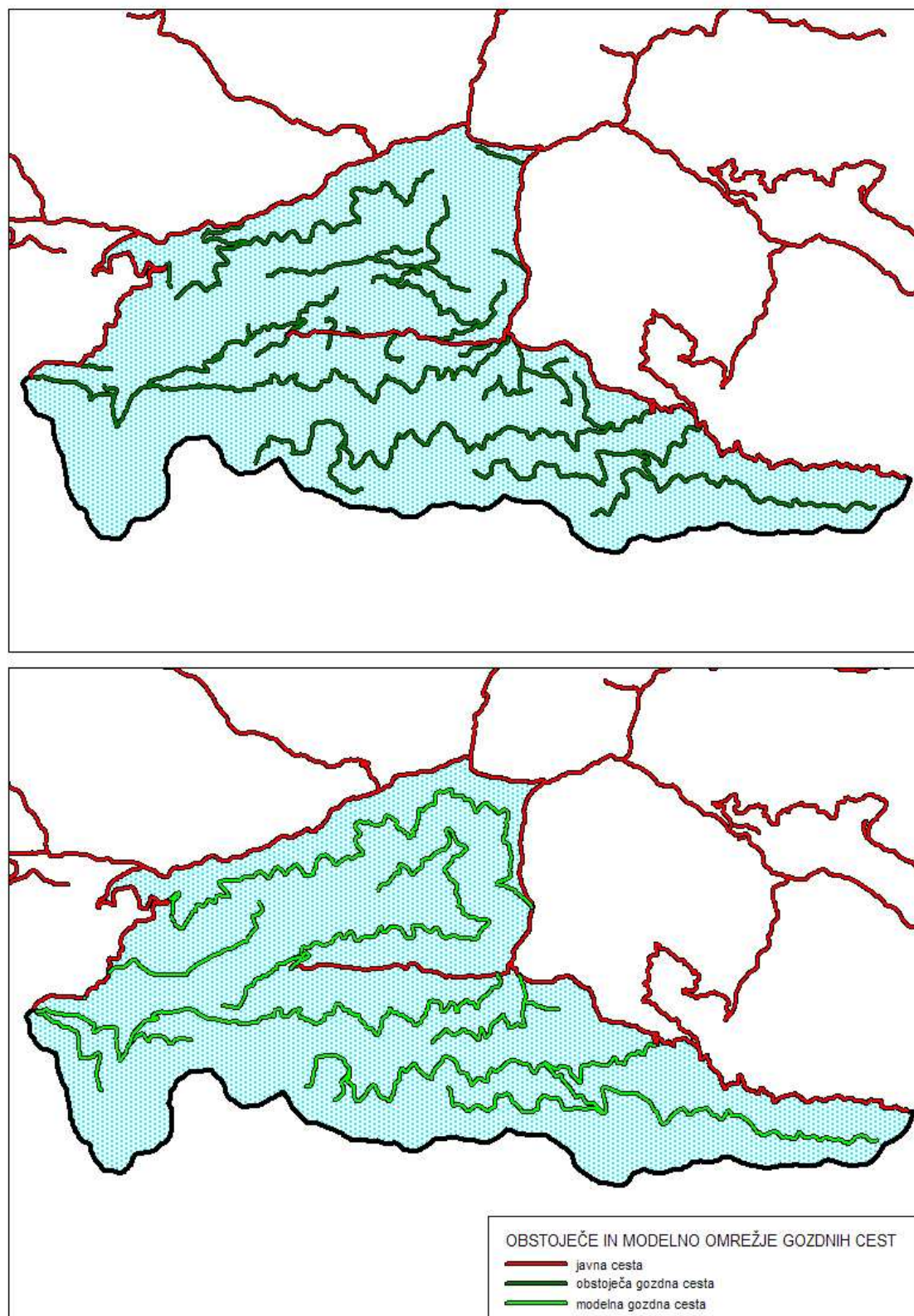
Priloga C: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Polovec



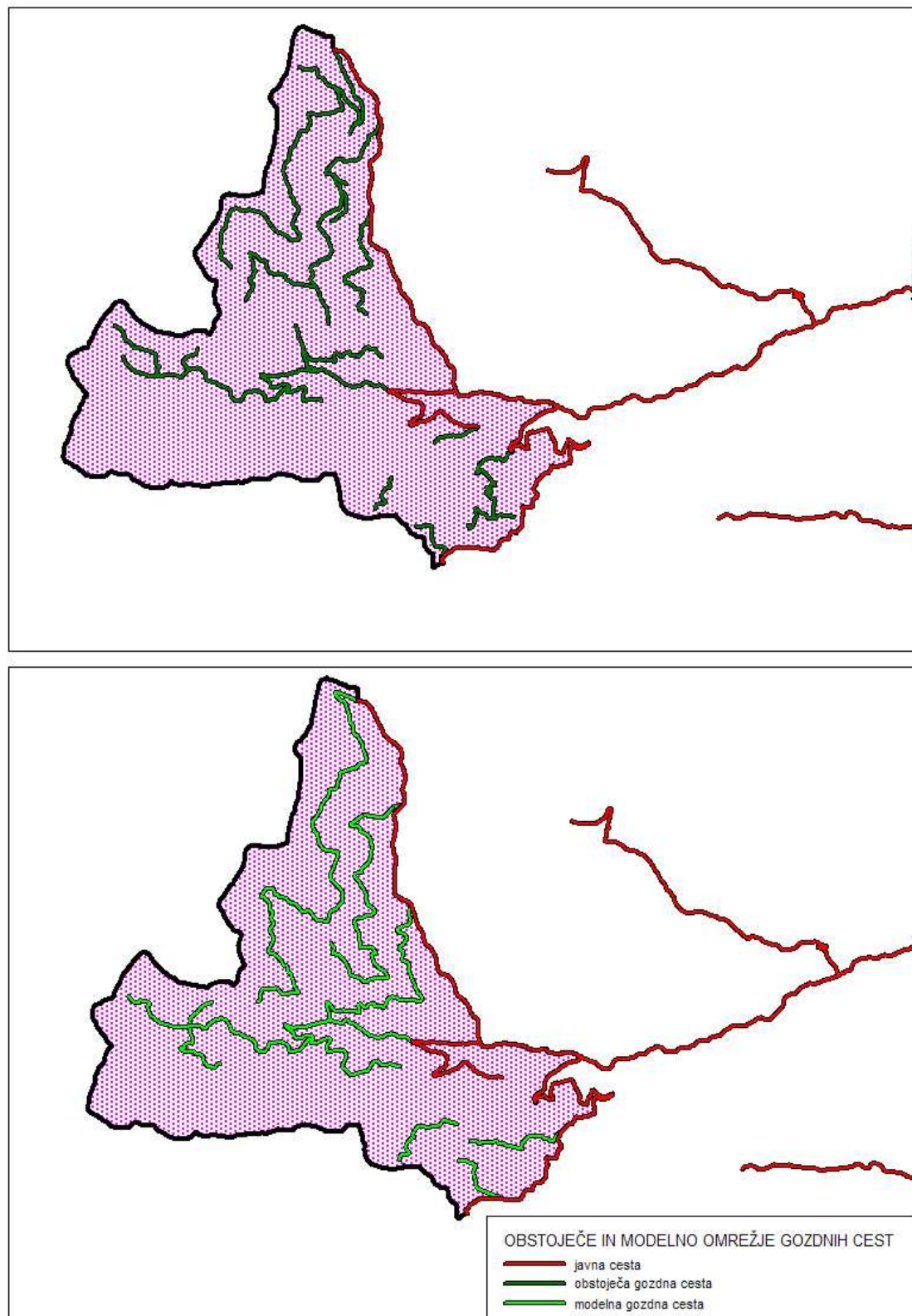
Priloga D: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Ludranski vrh



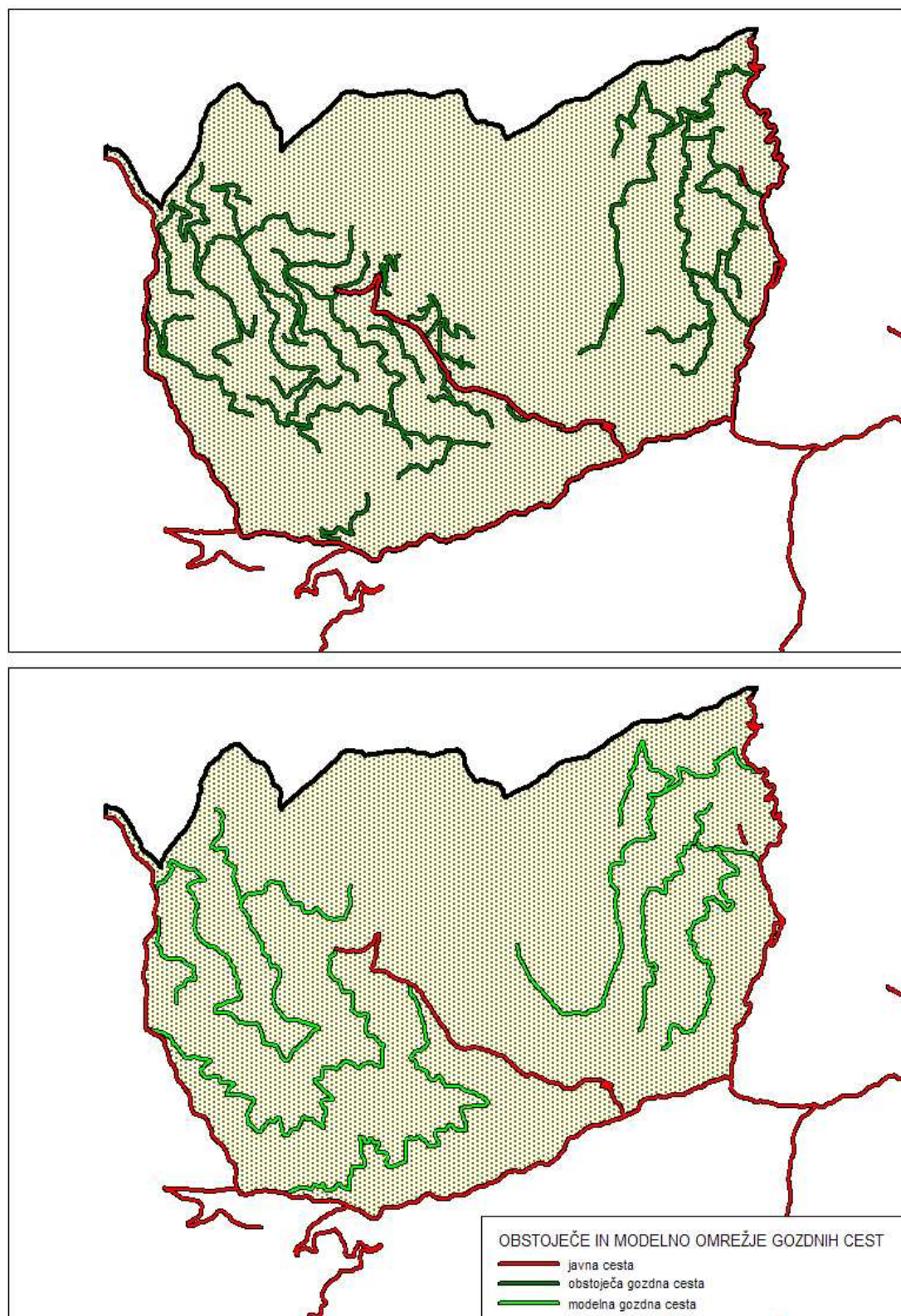
Priloga E: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Bistra



Priloga F: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Koprivna



Priloga G: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Topla



Priloga H: Obstoječe in modelno omrežje gozdnih cest - TGE Podpeca

